



**Gonçalo Filipe
Ferreira Lopes**

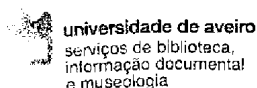
Visualizador de ECG para a plataforma Android



✓
2119251

Visualizador de ECG para a plataforma Android

Gonçalo Filipe
Ferreira Lopes



Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computadores e Telemática, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Carlos Manuel Azevedo Costa, Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

UA-SBIDM



322402

o júri

presidente

Prof. Doutor João Paulo Silva Cunha

Professor Associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

vogais

Prof. Doutor Rui Pedro Sanches de Castro Lopes

Professor Coordenador do Departamento de Informática e Comunicações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança

Prof. Doutor Carlos Manuel Azevedo Costa

Professor Auxiliar do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração de várias pessoas às quais quero agradecer.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador, Prof. Doutor Carlos Manuel Azevedo Costa, por todo o empenho, acompanhamento e apoio disponibilizado ao longo da Dissertação de Mestrado. Sem a ajuda dele, seria impossível concluir um trabalho desta complexidade.

Ao grupo de amigos que criei nesta Universidade, que me ajudaram e sempre estiveram em todos os momentos bons e maus por que passei.

Por último, como não podia deixar de ser, quero dedicar este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, a minha família. Os meus sinceros agradecimentos aos meus pais pelo apoio, estrutura e incentivo que sempre me forneceram ao longo de toda a vida.

palavras-chave

Cardiologia, ECG, Android, Telemedicina

resumo

O electrocardiograma é um dos principais tipos de exames complementares de diagnóstico não invasivos, nomeadamente em cenários de emergência médica. Esta ferramenta oferece-nos uma representação gráfica da actividade eléctrica do coração como forma de onda num período de tempo, fundamental para a compreensão do estado do coração.

Com o desenvolvimento do computador de dimensões reduzidas e das comunicações wireless, o ser humano passou a poder deslocar-se com capacidade de computação e acesso a recursos disponibilizados em rede. Este aspecto adquire especial ênfase numa sociedade moderna onde a mobilidade é uma das características principais.

Na presente dissertação é efectuado o estudo dum conjunto de conceitos e tecnologias associados à telemedicina, electrocardiografia e computação móvel. Pretendeu-se desenvolver uma plataforma móvel de visualização de electrocardiogramas, nomeadamente para dispositivos com ambiente operacional Android. Um dos requisitos principais foi fornecer aos médicos cardiologistas uma ferramenta de utilização amigável para análise e diagnóstico dos sinais vitais (ECG). Esta dissertação descreve as várias etapas associadas ao estudo, concepção, modelação, implementação e validação da solução proposta.

keywords

Cardiology, ECG, Android, Telemedicine

abstract

The electrocardiogram is one of the main types of noninvasive complementary diagnostic exams, namely in medical emergency scenarios. This tool offers a graphical representation of the heart's electrical activity as a waveform over a period of time, fundamental to understand the heart's state.

With the development of reduced size computer system and wireless communications, the human being is now able to move around carrying computing power with access to network resources. This aspect acquires a special emphasis in a modern society where mobility is one of the main characteristics.

In this dissertation, a study of a set of concepts and technologies associated with telemedicine, electrocardiography and mobile computing is carried out. The main objective was to develop a mobile visualization platform for electrocardiograms, namely for devices using the Android operating system. One of the main requirements was to provide cardiologists with a user-friendly tool for analysis and diagnostics of the vital signs (ECG). This dissertation describes the various stages associated with the study, conception, modeling, implementation and validation of the proposed solution.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Objectivos e metodologia	1
1.2	Estrutura da dissertação	2
2	Telemedicina	5
2.1	Definição	5
2.2	História da Telemedicina	6
2.3	Tipos de Tecnologia de Opções de Entrega da Telemedicina	8
2.4	Aplicações da Telemedicina	10
2.5	Benefícios e Limitações da Telemedicina	13
2.5.1	Benefícios	13
2.5.2	Limitações	14
2.6	Breves Considerações Ético-legais	15
2.6.1	Relação médico-paciente	15
2.6.2	Responsabilidade do Médico	16
2.6.3	Responsabilidade do Paciente	16
2.6.4	Consentimento e Confidencialidade do Paciente	17
2.6.5	Autorização e Competência para Utilizar a Telemedicina	17
2.6.6	História Clínica do Paciente	17
3	Computação Móvel	19
3.1	Breve História da Computação Móvel	19
3.2	Sistema de Operação móvel	21
3.2.1	Tendência de mercado	22
3.3	Android	23
3.3.1	Software	24
3.3.2	Vantagens	25
3.3.3	Android Vs. iPhone	26

3.4	Conclusões	28
4	Electrocardiografia	29
4.1	Breve História da Electrocardiografia	29
4.2	Transmissão de Impulsos Eléctricos	33
4.3	Despolarização e Repolarização	34
4.3.1	Fases de Despolarização-Repolarização	34
4.4	Electrocardiograma (ECG)	36
4.4.1	ECG de 12 derivações	37
4.4.2	Grelha electrocardiográfica e suas normais configurações	41
4.5	Electrocardiografia digital	44
4.5.1	Normalização na electrocardiografia digital	45
5	Conceptualização da plataforma	49
5.1	Objectivos	49
5.2	Arquitectura	49
5.3	Actores	50
5.3.1	Descrição dos Casos de Utilização	51
5.3.2	Áreas de decisão	57
5.4	Especificidades da aplicação	58
5.4.1	Arquitectura da aplicação	59
6	Implementação do Visualizador e Resultados	61
6.1	Arquitectura funcional	61
6.2	Importação e tratamento de dados	63
6.2.1	Download do exame ECG	63
6.2.2	Parsing de dados	64
6.2.3	Representação gráfica	67
6.3	Funcionalidades	69
6.3.1	Touchscreen	69
6.3.2	Menu de escolha de derivações	71
6.3.3	Ampliação das derivações	72
6.3.4	Barra vertical de leitura de valores	73
6.4	Visualizador, características gerais	75
7	Conclusões e trabalho futuro	77
7.1	Conclusões	77

7.2 Trabalho futuro	78
bibliografia	79
Bibliografia	79

Lista de Figuras

2.1	Edição de Abril de 1924 da revista Radio News	7
2.2	Figura ilustrativa de Teleconsulta	10
2.3	Equipamentos utilizados na telemonitorização	12
3.1	Computadores pessoais	20
3.2	Resultados do 1º trimestre de 2010 de Sistemas de Operação móveis vendidos .	21
3.3	Logotipo da Android	24
3.4	Ambiente de trabalho do Android	25
4.1	Reótomo diferencial usado por Bernstein para medir o potencial de acção . . .	30
4.2	Electrómetro Capilar de Lipmann	31
4.3	Notação electrocardiográfica sugerida por Einthoven, resultado do seu trabalho com o electrómetro capilar	32
4.4	Galvanómetro de Cordas de Einthoven	32
4.5	Acção potencial e condutância iónica na célula ventricular	35
4.6	Derivações dos membros e respectivas polaridades	38
4.7	Triângulo de Einthoven	38
4.8	Derivações dos membros	39
4.9	Localização dos eléctrodos das derivações pré-cordiais	40
4.10	Derivações pré-cordiais no plano horizontal	40
4.11	Grelha electrocardiográfica	41
4.12	Grelha ECG, ondas, intervalos e segmentos	42
4.13	Formas de onda do complexo QRS	43
4.14	Segmento ST	44
5.1	Funcionamento global	50
5.2	Diagrama dos casos de utilização da Área dos Médicos Cardiologistas	51
5.3	Diagrama de actividades do caso de utilização “Importação Exame ECG” . . .	53

5.4	Diagrama de actividades do caso de utilização “Visualização Exame ECG” . . .	54
5.5	Diagrama de actividades do caso de utilização “Alteração das derivações visu- alizadas”	56
5.6	Fluxograma do processo Importação do exame ECG	57
5.7	Fluxograma do processo de submissão de alterações das derivações	58
5.8	Estrutura da aplicação	59
5.9	Conceito Model-View-Controller	60
6.1	Interacção entre a aplicação e o sistema operativo Android	62
6.2	Sistema de procura de ficheiros do visualizador	63
6.3	Representação da data e hora de aquisição e frequência do batimento cardíaco no exame ECG em XML	64
6.4	Representação dos dados do paciente e sua identificação no exame ECG em XML	65
6.5	Representação da interpretação automática do exame ECG em XML	66
6.6	Representação dos dados técnicos no exame ECG em XML	66
6.7	Representação de parte da derivação I no exame ECG em XML	67
6.8	Grelha para representação dos sinais ECG	68
6.9	Touchscreen em smartphones	69
6.10	Utilização do touchscreen no visualizador	70
6.11	Menu de escolha de derivações	71
6.12	Menu de escolha de derivações com as curvas para selecção	72
6.13	Derivação II ampliada	73
6.14	Ambiente normal de visualização utilizando a barra vertical	73
6.15	Ambiente de ampliação utilizando a barra vertical	74
6.16	Plataforma de visualização ECG	75

Lista de Tabelas

2.1	Opções de entrega	9
2.2	Inquérito à Utilização das Tecnologias de Informação e de Comunicação nos Hospitais	13
3.1	Vendas efectuadas de smartphones no primeiro trimestre de 2009 e 2010	22
4.1	Derivações dos membros e pré-cordiais(peito)	37
4.2	Formas de onda ECG e respectiva actividade do coração	45
5.1	Descrição do caso de utilização “Importação do exame ECG”	52
5.2	Descrição do caso de utilização “Visualização do exame ECG”	54
5.3	Descrição do caso de utilização “Alteração das derivações visualizadas”	55

Capítulo 1

Introdução

Os elevados custos na saúde pública representam um peso considerável para o orçamento de cada país. O recente desenvolvimento e avanço tecnológico de dispositivos móveis como o fácil acesso a estes, tornou-os uma ferramenta de baixo custo e de possível utilização na medicina (telemedicina).

Os sistemas de Tele-ECG têm provado ser uma mais valia para os utentes do serviço de saúde, especialmente para os que sofrem de doenças cardiovasculares. Estes permitem uma rápida comunicação e interpretação remota de electrocardiogramas, aspecto de elevada importância em cenários de emergência médica. O baixo custo dos equipamentos de aquisição destes sinais vitais (i.e. electrocardiógrafos) e a relativa facilidade de manuseamento facultam a sua utilização em pequenas cidades, áreas remotas e países em desenvolvimento, locais que não possuem por vezes cardiologistas disponíveis. Existe, portanto, a possibilidade do envio dos exames realizados para uma unidade central com cardiologistas disponíveis 24h/dia para a sua análise.

Por outro lado, a visualização remota de ECG em dispositivos móveis permite também diminuir o tempo de resposta em situações de urgência, sendo este o cenário de trabalho desta dissertação de mestrado.

1.1 Objectivos e metodologia

Foi proposto, no âmbito do plano curricular do 5º ano do curso de Engenharia de Computadores e Telemática da Universidade de Aveiro, a realização do trabalho de dissertação que teve como objectivo desenvolver um visualizador de electrocardiogramas para a plataforma Android. Este pretende fornecer ao cardiologista a possibilidade de uma rápida resposta em situação de emergência médica. Por outro lado, devido a factores de isolamento geográfico, esta ferramenta poderá ser importante, pelo facto de muitas das áreas isoladas não possuírem,

grande parte das vezes, pessoas especializadas na leitura de ECG's. Poderão assim realizar-se essas interpretações por cardiologistas remotamente, sem a necessidade dos utentes se deslocarem até centros de referência, oferecendo uma melhor qualidade de vida no acesso à saúde pública.

Com base neste objectivo, foi efectuado um levantamento bibliográfico do trabalho mais relevante na área da telemedicina, electrocardiografia e computação móvel. Levantamento que serviu para a construção dum visualizador de ECGs num dispositivo móvel. Este visualizador permitirá a recepção web dos exames ECGs adquiridos, contendo um variado leque de funcionalidade que possibilitam a visualização e interpretação dos mesmos para um posterior diagnóstico.

1.2 Estrutura da dissertação

Houve a preocupação de elaborar a presente dissertação contextualizando o leitor dos conceitos nela envolvidos, de maneira incremental e sucinta. Pretende-se com isso facilitar a sua compreensão e assimilação. Começaremos por abordar os principais temas desta dissertação, passando pela concepção da aplicação, implementação e resultados. Por fim são apresentadas as conclusões e especulação sobre o trabalho futuro.

O capítulo 2 introduz o estado da arte. Nele é abordado o tema telemedicina, definindo-a e dando a conhecer a sua componente histórica. Entre outras coisas, serão apresentadas as suas aplicações clínicas como os seus benefícios e limitações.

No capítulo 3 é feito um estudo sobre a computação móvel, apresentando a sua breve história. O objectivo deste capítulo foi mostrar os vários sistemas operativos móveis, salientando aquele em que recaiu a nossa escolha (Android) para suporte à aplicação.

O capítulo 4 faculta o estudo da electrocardiografia. É iniciado com uma breve introdução histórica do tema, esclarecendo a origem de certos conceitos a si associados. É estudada a electrofisiologia do coração, mais concretamente os impulsos eléctricos que são fundamentais para a compreensão do funcionamento do mesmo. Neste capítulo são também abordados o electrocardiograma e a electrocardiografia digital. No primeiro são descritos os sinais eléctricos captados na realização de um electrocardiograma. Já no segundo são mencionados alguns dos formatos existentes de registo digital, focando os normalizados.

Após contextualização com as tecnologias e conceitos chave, no capítulo 5 é efectuada a conceptualização da plataforma. Nele é apresentado a proposta de arquitectura, descritos os principais requisitos e possíveis casos de utilização.

No capítulo 6 estão abordados todos os aspectos relevantes à implementação e desenvolvimento da aplicação. Neste capítulo são também mostrados os resultados finais, através de

screenshots do visualizador de electrocardiogramas realizado.

Por fim, uma pequena conclusão de todo o trabalho efectuado é apresentado no capítulo 7. São aqui também abordados algumas possibilidades de melhoramento futuro do mesmo.

Capítulo 2

Telemedicina

2.1 Definição

O termo Telemedicina tornou-se popular pelo contingente médico em 1993, no entanto, foi mencionado pela primeira vez na literatura médica em 1974 [1]. Apesar da sua curta história (termo), este conceito aparece várias vezes referido por outros termos na base de dados MEDLINE, como por exemplo, telediagnóstico, telepsiquiatria, e frases tais como “consulta via televisão” e “diagnósticos por televisão”. A primeira referência encontrada foi publicada em 1950 [1].

Como muitas tecnologias emergentes, a telemedicina ainda não possui uma definição globalmente estabelecida. Existem muitas definições de telemedicina, mas regra geral convergem sempre para o mesmo ponto. Telemedicina pode ser genericamente definida como o uso de tecnologias de telecomunicações para fornecer informação e serviços médicos [2]. A Organização Mundial da Saúde (OMS) define-a como: *“a oferta de serviços ligados aos cuidados com a saúde, nos casos em que a distância é um factor crítico. Tais serviços são fornecidos por profissionais da área de saúde, usando tecnologias de informação e de comunicação para troca de válidas informações para diagnósticos, prevenção e tratamento de doenças e a contínua educação de prestadores de cuidados com a saúde, assim como para fins de pesquisa e avaliações. O primeiro objectivo é melhorar a saúde das pessoas e de suas comunidades”*. Já a ATA (American Telemedicine Association) além da prestação de serviços, como a OMS menciona, inclui também a educação para o paciente, definindo telemedicina como *“o uso de informação médica veiculada de um local para outro, por meio de comunicação electrónica, visando a saúde e educação dos pacientes e do profissional médico, para assim melhorar a assistência de saúde”*.

Em 1999, numa reunião do Congresso de Telemedicina nos Estados Unidos foi adoptada a seguinte definição: *“Telemedicina utiliza as tecnologias de informação e comunicação para*

transferência de informação médica para diagnóstico, terapia e educação”. Informação médica que pode incluir imagens, vídeo e áudio, gravações médicas de pacientes e dados de saída para dispositivos médicos. A transferência pode envolver a interactiva comunicação de vídeo e áudio entre pacientes e profissionais médicos, ou entre estes profissionais sem a participação dos pacientes.

O prefixo “tele” que provém do grego “telos” implica distância. Esta, é frequentemente mencionada e enfatizada em cada definição da telemedicina, pelas diferentes entidades, devido à sua frequente utilização para ligar áreas medicamente carenciadas ou geograficamente isoladas.

O recente sucesso da telemedicina está estritamente ligado e depende da forma como a saúde explora os avanços das tecnologias de informação. Esta tecnologia pode assim estender o seu alcance e recursos médicos, promovendo eficiência, produtividade, exactidão nas decisões clínicas, na coordenação e integração [3].

2.2 História da Telemedicina

Não existe uma clarividência no nascimento da telemedicina ou da data da primeira utilização das telecomunicações ao serviço da saúde. Sabe-se apenas que o conceito pode ter tido origem há séculos atrás, por volta da Idade Média, através de relatos e registos históricos que prevaleceram ao longo dos anos. Dos registos históricos, temos como exemplo, a informação da praga bubónica transmitida pela europa por heliógrafo ou, mais recentemente, a documentação do uso do telégrafo para transmitir a lista das vítimas e de suprimentos médicos durante a guerra civil americana.

Somente a partir do século XX pôde-se acompanhar melhor a aplicação das tecnologias de comunicação ao serviço da medicina. Por volta de 1900 o telefone já estava em uso como uma ferramenta principal para a comunicação médica até aos dias de hoje. Este é considerado por muitos como a primeira e a mais simples forma de tecnologia em telemedicina. Willem Einthoven, o pai da electrocardiografia, em 22 de março de 1905, recodificou o primeiro telecardiograma. Foi o primeiro investigador a utilizar uma linha de telefone para transmitir o sinal do hospital para o seu laboratório a uma distância de 1,5Km [4]. Por sua vez, em 1910, foi criado, em Inglaterra, o primeiro estetoscópio eléctrico que funcionava por telefone.

Durante a 1ª guerra mundial, que teve início no ano de 1914, foram estabelecidas comunicações de rádio para permitir a comunicação entre médicos de estações costeiras ou em frentes de batalha com hospitais de campanha. Em 1930, esta tecnologia foi utilizada em áreas remotas tal como o Alaska e a Austrália para transferência de informação médica. Nos tempo dos conflitos da Coreia e do Vietname, as comunicações de rádio foram frequentemente utilizadas

para o envio de equipas médicas e helicópteros [1]. Tal como o telefone, as comunicações por rádio são globalmente utilizadas para as comunicações médicas até aos dias de hoje.

Em Abril de 1924 a edição da revista Radio News exibia na capa o desenho de um médico a verificar o seu paciente através do rádio, no qual incluía também uma televisão, apesar desta não ter sido inventada até 1929, como se pode verificar na figura 2.1 [5].



Figura 2.1: Edição de Abril de 1924 da revista Radio News

Começou nos anos 50 a nova fase que viria a ser considerada como a verdadeira prática de Telemedicina nos Estados Unidos. Facto muito associado à influência que teve a introdução da televisão no desenvolvimento da telemedicina. No final dos anos 50, o desenvolvimento das tecnologias da televisão em circuito fechado e vídeo foram reconhecidos pelos especialistas, colocando-as ao serviço da medicina. No ano de 1957, Albert Jutras foi um dos pioneiros a começar a dedicar-se à teleradiologia em Montreal e em 1959 Cecil Wittson introduziu um programa de tele-educação e telepsiquiatria no Instituto Psiquiátrico de Nebraska [5]. Utilizando a nova tecnologia adoptada, em 1964 foi estabelecida a primeira ligação de vídeo interativa entre o Instituto Psiquiátrico de Nebraska, em Omaha, e o Hospital do Estado de Norfolk, que representa uma distância de 112 milhas [1].

Por volta dos finais dos anos 50 iniciou-se uma colaboração entre a Lockheed, a NASA e o Serviço de Saúde Público dos EUA que durou 20 anos. O projecto STARPAHC (*“Space Technology Applied to Rural Papago Advanced Health Care”*), procurou fornecer às comunidades remotas de índios Papago, no Arizona, cuidados médicos através da transmissão de electrocardiogramas e raios-x para centros dotados com especialistas [6]. É um dos primeiros exemplos de utilização da telemedicina com o objectivo de alcançar áreas geograficamente isoladas e/ou comunidades carenciadas.

O projecto STARPAHC trouxe outra contribuição no crescimento da telemedicina, atra-

vés do ímpeto das investigações e desenvolvimentos pelos programas espaciais nos anos 60, em particular pela NASA. Nos finais dos anos 60, a NASA conseguiu avanços significativos na telemetria. Na altura, os sofisticados sistemas de telemetria associados aos grandes avanços nas telecomunicações permitiram a monitorização remota dos vários sinais fisiológicos do astronauta, por médicos e especialistas na terra [6][7].

Já nos anos 70, o primeiro grupo de satélites, para comunicações comerciais, tornaram-se disponíveis e rapidamente se verificou uma grande oportunidade de alargar a sua utilização à telemedicina. O norte da América foi o cenário de principal actividade, nomeadamente o Programa de Demonstração Biomédica por Satélite no Alaska para melhorar o cuidado da saúde e de vários projectos Canadianos [6].

Até aos finais dos anos 80 a pesquisa e desenvolvimento tecnológico teve um lento crescimento comparativamente com o grande impulso que se viria a verificar a partir daí. Os principais factores que se verificaram para tal desempenho, foram considerados a transição das comunicações analógicas para digitais, e o papel dos computadores e tecnologias de informação, tais como os telefones móveis [6].

A praticabilidade e fiabilidade do estabelecimento da base tecnológica para a telemedicina foi verificada, demonstrando que as telecomunicações podem ser utilizadas como um substituto da viagem para a obtenção de cuidados de saúde e para o estabelecimento duma ligação em situações de emergência, quando o acesso a um médico está dificultado ou até mesmo impossível [1].

2.3 Tipos de Tecnologia de Opções de Entrega da Telemedicina

O termo telemedicina é usado para descrever um conjunto de aplicações que utiliza as tecnologias de telecomunicações ao serviço da saúde [8]. Várias são as opções de entrega disponíveis no presente, contudo, a base técnica para todos os serviços telemédicos podem ser categorizados em dois tipos de paradigmas tecnológicos: “store-and-forward” e “real time”.

O conceito “real time”, muitas vezes conhecido e descrito por comunicação síncrona é uma transacção de informação que ocorre entre um número de dois ou mais participantes ao mesmo tempo. O conceito deste paradigma depende da presença do médico e do paciente separados por uma linha de comunicação, que permita uma interacção em tempo real. Uma das tecnologias mais comuns em telemedicina síncrona é o equipamento de videoconferência, existindo vários dispositivos periféricos que podem ser ligados ao computador, representando uma mais valia numa examinação interativa. Temos, como exemplo, o tele-otoscópio que permite ao médico uma examinação ao interior da orelha do paciente remotamente e o tele-estetoscópio que permite a audição remota da batida do coração do paciente.

Por outro lado temos o conceito “store-and-forward”, que   também conhecido por comunicação assíncrona. Ao contrário da comunicação síncrona, as transacções ocorrem entre os participantes em pontos diferentes do tempo. Esta tecnologia envolve a aquisição de dados médicos (imagens, sinais) para posterior transmissão ao médico especialista, num conveniente tempo para a sua avaliação e diagnóstico. Não necessita da presença simultânea de ambas as partes e a sua utilização deve acontecer em situações de não emergência, isto é, quando o médico possui um período de tempo de 24 a 48 horas para efectuar a avaliação e realizar o diagnóstico sem comprometer a saúde do paciente. As especialidades mais conhecidas associadas a este tipo de aplicação são a dermatologia, radiologia e patologia.

A tabela 2.1 apresenta as várias tecnologias usadas em cada um dos conceitos tecnológicos mencionados.

	Real Time	Store-And-Forward
Audio	Telefone, Audioconfer�ncia	Mensagem de voz
Vídeo	Videoconferência	ficheiro de vídeo/audio
Dados	Mensagem instantânea	Fax, Email, Página Web

Tabela 2.1: Opções de entrega

A escolha das opções de entrega adquire um importante efeito na qualidade dum evento de telemedicina. A grande vantagem da estratégia “real time” deve-se   comunicação directa, com o paciente directamente envolvido. Por outro lado, possui um peso contraproducente para o médico e obriga a uma difícil conjunção de horários com o paciente. No aspecto técnico tem algumas barreiras, conseqüentes dos elevados requisitos técnicos como a grande necessidade de largura de banda, o que dificulta o uso desta tecnologia para chegar a zonas remotas e rurais. Zonas estas, que frequentemente padecem de baixa largura de banda, onde por vezes o usual telefone antigo acaba por ser a única conec  o.

A estratégia “store-and-forward” tem tido um grande sucesso na telemedicina devido à sua simplicidade, aos seus baixos custos e aos mínimos requisitos de infraestrutura. Este torna-se mais conveniente quando não existe a necessidade da interacção em tempo real dos participantes, mas a sua maior vantagem está na elevada qualidade dos dados (ex: imagens), pois o tempo e a largura de banda não são tão cruciais [9].

2.4 Aplicações da Telemedicina

Existem diversas aplicações de telemedicina que se encontram em constante mudança consequente do avanço tecnológico e da própria tecnologia. Várias são as especialidades da medicina conhecidas, ao longo do tempo, onde a tecnologia “telemedicina” foi integrada, procedendo-se à inclusão do prefixo “tele” à especialidade. Algumas destas sofreram uma melhoria significativa na qualidade dos serviços usufruindo da introdução tecnológica dos sistemas de comunicação, favorecendo assim tanto os serviços de urgência médica como privilegiando a assistência dos utentes em variados aspectos.

Entre as inúmeras aplicações, serão mencionadas as que hoje se encontram mais documentadas nos meios de comunicação social e artigos da especialidade. Entre elas destacam-se a teleconsulta, tele-educação, telemonitorização, teleradiologia e telecirurgia.

- **Teleconsulta:** é a consulta médica remota a um paciente com a utilização de recursos tecnológicos, podendo o mesmo acontecer sem a sua presença física. A teleconsulta encontra-se bastante inserida na prática clínica, não surpreendendo por isso, ser um dos frequentes exemplos de procedimento da telemedicina para o suporte da decisão médica. Pode realizar-se entre dois ou mais especialistas sem o envolvimento do paciente, ou entre um ou mais especialistas com o paciente. A situação mais simples é a conversa telefónica entre dois médicos para a obtenção de um melhor diagnóstico ou uma segunda opinião. No entanto, a imagem mais associada à teleconsulta passa pela comunicação entre o paciente e o médico através de videoconferência em modo “Real Time”, como se pode verificar na figura 2.2. Porém, o uso da tecnologia “store-and-forward” também é utilizado na teleconsulta na transmissão à distância de vários tipos de imagens médicas e biológicas, tais como radiografias, ecografias, tomografias, etc.



Figura 2.2: Figura ilustrativa de Teleconsulta

- **Tele-educação:** tem sido uma nova ferramenta de grande utilidade tanto na prática do ensino médico como na aproximação dos profissionais da área da saúde dispersos geografica-

mente. Pode-se distinguir vários tipos de tele-educação dependendo de quem é o receptor e a finalidade de transmissão, nomeadamente a educação clínica, o estudo académico ou a educação pública através da Internet [6]. Várias são as fontes de informação médica disponibilizadas no presente pela Internet. Estas oferecem material educacional com elevados benefícios, pouco onerosas e de fácil acesso. Esta educação pode vir a melhorar as hipóteses de detenção de doença reduzindo o conseqüente recurso ao tratamento e ajudando a diminuir algum tipo de procura do sistema de saúde, focando-se essencialmente na prevenção. Aliada à criação de um fórum, a telemedicina pode facultar uma contínua educação médica. A infraestrutura de rede de comunicação pode ser utilizada para suportar serviços de acesso ao vivo, participar em seminários através de videoconferência e fornecer a oportunidade de disseminar preventivamente informação no cuidado da saúde. Utilizando a videoconferência e a transmissão de dados clínicos, é possível implementar projectos na educação médica à distância, promovendo a integração de centros de ensino e universidades.

- **Telemonitorização:** consiste no uso das tecnologias de comunicação na monitorização do estado de saúde do paciente à distância, possuindo grandes potencialidades na gestão e cuidado de pacientes com doenças crónicas [10]. Permite a aquisição de dados clínicos e sinais vitais (sinais cardíacos, respiratórios, neurológicos, pressão e fluxo cardíaco, teor de açúcar no sangue, etc.) através de dispositivos sem necessidade da presença física do médico no processo, durante o longo espaço temporal que geralmente envolve. Após a recolha desses mesmos sinais, estes são enviados ao especialista para proceder ao seu processamento e análise. Permite assim, a detecção de sintomas ou sinais anormais com mais antecedência do que uma consulta de rotina, ao possibilitar uma rápida intervenção antes de surgirem complicações mais graves que necessitem de internamento hospitalar. A telemonitorização também se enquadra no acompanhamento dos pacientes à distância oferecendo serviços de alarme através de, por exemplo, sistemas de videoconferência usando a tecnologia “Real Time”. Esta ferramenta é útil aos profissionais de saúde e aos doentes, diminuindo a frequência das idas às unidades hospitalares e melhorando a sua qualidade de vida. Os equipamentos frequentemente utilizados na telemonitorização estão ilustrados na figura 2.3.

- **Teleradiologia:** é uma das sub-especialidades da telemedicina mais utilizada que se encontra num estado avançado de maturação e difusão, graças aos seus benefícios imediatos. Normalmente os radiologistas não interagem com os pacientes, restringindo-se a trabalho de diagnóstico com recurso a imagens. Sendo assim, a teleradiologia não altera em nada as rotinas que estes profissionais da saúde estão habituados a realizar. A única diferença que ocorreu foi na forma como as imagens chegam e são apresentadas, não alterando a tarefa essencial de interpretação dos dados (imagem) e seu diagnóstico.

- **Telecirurgia:** numa definição simplista define-a como cirurgia à distância. É uma tec-



Figura 2.3: Equipamentos utilizados na telemonitorização

nologia de ponta na área da telemedicina que, comparada com as outras anteriormente referenciadas, se encontra ainda num estado quase embrionário e pouco difusa como consequência da sua complexidade e elevados custos. No entanto, várias experiências estão a ter lugar, tais como, a utilização de ferramentas robotizadas para remoção de tumores e em perfuração de ossos para colocação de pinos de apoio e fixação a pacientes remotamente. O exército dos Estados Unidos da América é a principal organização a conduzir investigações e experiências na telecirurgia [11]. Ainda existem elevadas barreiras para se atingir um nível satisfatório de maturação, que se deve essencialmente às especificidades tecnológicas, robóticas, de largura de banda e de perícia no manuseamento que é necessário por parte do cirurgião à distância, para conduzir, com eficiência e segurança cirurgias de elevada responsabilidade.

Os primeiros serviços de Telemedicina chegaram a Portugal no ano de 1995 e começaram desde logo a ganhar importância no sector da saúde. De momento estes serviços já se encontram proliferados e todo o território nacional, como nos mostra um Inquérito à Utilização das Tecnologias de Informação e de Comunicação nos Hospitais efectuado pelo Instituto Nacional de Estatística no ano de 2006 e 2008. Com o inquérito auferiu-se a proporção de hospitais que realizaram actividades de telemedicina nesses mesmos anos. Pode-se registar como áreas predominantes da telemedicina no ano de 2006 o telediagnóstico e a teleconsulta, e para 2008 a teleradiologia, a teleconsulta e a telecardiologia como se pode constatar na tabela 2.2.

Da análise da tabela 2.2 constata-se um aumento das aplicações da telemedicina em utilização nos hospitais portugueses. Verifica-se um acréscimo de utilização, como é o caso da teleradiologia e da telecardiologia e um decréscimo da teleconsulta e da transmissão electró-

Tipo (actividade de telemedicina)	Proporção de Hospitais que realizam actividades (%) de Telemedicina por Tipo	
	2006	2008
Prescrição Electrónica	8,3	4,8
Transmissão electrónica de credenciais	2,1	-
Teleconsulta	15,0	11,6
Telediagnóstico	20,7	-
Telemonitorização	4,1	3,7
Telecirurgia	-	2,1
Telecardiologia	-	7,4
Tele dermatologia	-	5,3
Teleradiologia	-	15,3

Tabela 2.2: Inquérito  Utilização das Tecnologias de Informação e de Comunicação nos Hospitais

nica de credenciais. Consegue-se por este meio afirmar que as aplicações mais em voga em Portugal são: o telediagnóstico, a teleconsulta e a teleradiologia.

2.5 Benefícios e Limitações da Telemedicina

A telemedicina tem vindo a afirmar-se como um recurso de elevada importância no exercício dos cuidados da saúde. Possui características inovadoras e apresenta aspectos modernos de concepção nunca antes visto na especialidade (medicina). Apesar do seu importante estatuto na prática clínica, e das suas imensas vantagens, possui como todas as outras tecnologias inovadoras algumas limitações e barreiras que restringem um maior desenvolvimento e crescimento, aspectos abordados nas próximas alíneas.

2.5.1 Benefícios

A telemedicina tem como sua doutrina e virtudes a melhoria dos cuidados da saúde e o seu acesso. Com ela reduz-se a necessidade de deslocação por parte dos pacientes e médicos ao fornecer uma melhor qualidade nos cuidados de saúde a áreas carenciadas ou geograficamente distantes. Faculta o acesso do doente  informação e cuidados médicos, a qualquer hora e em qualquer local. Esta prática também possui grandes benefícios, considerando a partilha valiosa de informação médica, com outros médicos de todas as áreas da profissão.

Com todas as doenças e problemas de saúde emergentes, a telemedicina é essencial para uma rápida aprendizagem, num esforço de salvar vidas ou minimizar os riscos. A melhoria do contacto entre os profissionais envolvidos tem mostrado produzir benefícios educacionais. Contacto e troca de informação que facilita a qualidade da medicina, na procura de opiniões entre médicos qualificados para a obtenção de melhores diagnósticos.

A telemedicina oferece também mais-valias em situações que a deslocação do paciente possa ser indesejada. Existem casos conhecidos em estabelecimentos prisionais, que a utilização da telemedicina é menos dispendiosa do que transporte do condenado ao hospital, reduzindo o indesejado risco de fuga.

Outro sentido valioso verifica-se na sua utilização militar. É inevitável recorrer à telemedicina como única maneira de diagnosticar e tratar quando destes casos se tratam, tendo em conta os locais para onde muitas vezes são destacados.

De acordo com os directores de telemedicina, estes acreditam que a telemedicina pode revolucionar a medicina, melhorando o acesso e a qualidade do cuidado médico, reduzir os seus custos e aproveitar os serviços dos profissionais da saúde isolados profissionalmente [9].

2.5.2 Limitações

Existem ainda algumas questões para a prática total e confiável da telemedicina. A primeira de todas, prende-se com o medo de despedimento de alguns profissionais.

Outra das fortes questões prende-se com o receio de que a telemedicina possa tentar substituir a relação entre médico e paciente ou na interacção entre dois profissionais de saúde através de conferências e vídeos. Uma introdução total da telemedicina criaria uma inevitável pior relação entre o prestador de saúde e o paciente.

Ainda se verificam grandes obstáculos em questões meramente legais. Leis, regras de código e éticas precisam primeiramente de ser aplicadas para que a telemedicina possa ser utilizada regularmente, o que pode levar ainda algum tempo. Existe a necessidade de códigos de conduta e organizações certificadoras para o aumento da confiabilidade e qualidade da informação disponível.

Os serviços e a forma como os profissionais da saúde são pagos, necessitam de ser regulamentados para que a telemedicina se possa tornar uma prática ainda mais fluente e aceite. Existe ainda, como factor limitador, a necessidade de formar os profissionais prestadores de saúde para a utilização das novas tecnologias e serviços associados à telemedicina. Como não se poderia deixar de referir, a telemedicina estará sempre dependente, interligada e limitada à evolução das telecomunicações e das tecnologias a si associadas.

Finalmente, a telemedicina ainda não se encontra totalmente trabalhada e existem alguns obstáculos para que possa ser flexível e constantemente utilizada. Porém, possui um tremendo

potencial que ninguém poderá contrariar, e a sua contribuição providencia muitos benefícios. Para isso, será necessário mais tempo e esforço no sentido que a mesma se possa tornar totalmente aceite.

2.6 Breves Considerações Ético-legais

Desde há muitos anos que os profissionais da saúde se valem dos recursos tecnológicos da comunicação para benefício próprio e benefício dos seus pacientes. Inúmeros são os casos que beneficiam desses meios sofisticados com o objectivo de facilitar e resolver os problemas de saúde dos seus pacientes. Apesar disso, a medicina possui ainda muitas limitações para poder usufruir na totalidade dessa tecnologia, o que lhe daria um autêntico proveito na arte de mais rápido e melhor tratar. Muito se deve à ausência de normas e entidades ao serviço da telemedicina, assim como à necessidade de modificar a formação, qualificação e comportamento dos seus profissionais para um melhor proveito desta tecnologia.

As responsabilidades e normas éticas na utilização da telemedicina encontram-se documentadas na Declaração de Tel Aviv, adoptada pela 51^a Assembléia Geral da Associação Médica Mundial em Tel Aviv, Israel, em outubro de 1999 [12]. Contudo, não se verifica uma existência de normas e entidades com o poder de introduzir, definir, controlar e limitar as normas ético-legais na telemedicina, conferindo conflitos existentes de confidencialidade e até de segurança de dados transmitidos [7].

A telemedicina, trouxe consigo uma série de posturas que entram em conflito com os princípios tradicionais da ética médica, como a relação médico-paciente. Esta relação médico-paciente é preocupante no exercício ético da telemedicina, criando alguns problemas de ordem jurídica devido à eliminação da interacção física.

Existe assim, a necessidade de se aplicar algumas normas e princípios éticos a todos os profissionais que efectuem e interagem com a telemedicina, que são mencionados e recomendados na Declaração de Tel Aviv.

2.6.1 Relação médico-paciente

É claro que a telemedicina sendo utilizada de maneira correcta tem a capacidade de induzir uma melhoria na relação médico-paciente, potenciando mais oportunidades de comunicação e acesso de ambas as partes, não devendo, porém, afectar negativamente essa relação individual. Não deixa de ser essencial, como em qualquer campo da medicina uma relação de respeito mútuo, confiança e de confidencialidade profissional.

Quando um médico necessita de uma opinião ou conselho de um colega que se encontra distante, impossibilitado de presente, esta deve ser feita após permissão do paciente. Em

algumas situações, o único contacto entre médico e paciente efectua-se através da telemedicina, devendo este limitar-se a situações que o médico não possa estar fisicamente presente num espaço de tempo seguro e aceitável. É necessário deixar claro que o acto de interacção física do médico com o paciente é uma prática insubstituível.

Numa situação excepcional de emergência médica em que se necessite utilizar a telemedicina, como o tempo é fundamental para a sobrevivência de um paciente, o médico pode basear-se em informação imprecisa ou incompleta consoante a urgência clínica da situação. Neste caso específico, toda a responsabilidade legal da decisão ficará ao encargo do médico.

2.6.2 Responsabilidade do Médico

Apesar da Declaração de Tel Aviv mencionar a completa independência e liberdade por parte do médico de decidir a utilização ou recomendação ao seu paciente da telemedicina, baseando o seu uso ou recusa somente no benefício do paciente, existem opiniões divergentes [13] que assumem o oposto, principalmente se envolver a confidencialidade em favor do paciente.

Mesmo com o consentimento do utente, o médico é inteiramente responsável pela utilização da telemedicina directamente com o paciente, o que inclui tratamento, opinião, diagnóstico e intervenções médicas. O mesmo acontece quando este solicita a opinião a um colega, ficando responsável pela orientação do tratamento do paciente. Já o médico consultado não possuindo conhecimento ou informação suficiente de qualidade do paciente para exercer uma opinião bem fundamentada, não é obrigado a emití-la, visto esta possibilitar uma errônea interpretação dos dados clínicos obtidos à distância.

Quando ocorre a recepção e transmissão de informação através de intervenientes profissionais da saúde, o médico responsável deve assegurar-se da competência e formação destes, de maneira a poder garantir uma utilização apropriada, para que não decorram implicações ético-legais.

2.6.3 Responsabilidade do Paciente

Existem algumas situações conhecidas em que o paciente faz a recolha da informação de dados e posteriormente a transmite ao médico. Nessas situações, é obrigatório o médico assegurar-se que o informou de forma apropriada, para que este compreenda os procedimentos em causa, de maneira a poder utilizá-los adequadamente, sem os adulterar. O mesmo princípio se aplica a qualquer membro da família ou a quem ajude o paciente no processo de recolha e transmissão de dados.

2.6.4 Consentimento e Confidencialidade do Paciente

Todas as regras relacionas com o consentimento e confidencialidade que abrangem todos os profissionais médicos, no acto da medicina, se aplicam à telemedicina. Como anteriormente referido, qualquer informação relacionada com o paciente, apenas pode ser transmitida a um médico/profissional da saúde, com o seu consentimento. Salvo algumas excepções, como por exemplo pacientes menores de idade ou com distúrbios mentais, esse consentimento deve advir dos seus responsáveis legais.

O médico deve assegurar-se da aplicação de todas as medidas recomendáveis para as tecnologias de informação e comunicações electrónicas para assim poder proteger e garantir a privacidade e confidencialidade do seu paciente.

2.6.5 Autorização e Competência para Utilizar a Telemedicina

A telemedicina, quando bem utilizada, promove o uso eficaz dos recursos humanos, devendo por isso estar ao alcance de todos os profissionais médicos.

O médico, competente na sua área para utilizar a telemedicina, deve ter na sua posse a autorização para o exercício da medicina no país onde reside. Já quando utiliza a telemedicina directamente com um paciente localizado noutro país, este deve estar devidamente autorizado para o exercício nesse país ou, por outro lado, deve ser um serviço aprovado internacionalmente.

2.6.6 História Clínica do Paciente

Todos os médicos que utilizam a telemedicina devem manter registos clínicos bem documentados e detalhados dos pacientes, nomeadamente com decisões, opiniões, recomendações, serviços da telemedicina e da informação baseada para transmitir o parecer. Porém, não devem esquecer de garantir a confidencialidade do paciente, assegurando-se que os métodos electrónicos para arquivamento dos dados garantem a protecção da informação registada.

Capítulo 3

Computação Móvel

Desde os primórdios da criação do computador pessoal existe a necessidade de o conseguir cada vez mais pequeno e com características que o possam tornar transportável. A mobilidade é uma das maiores características da vida moderna.

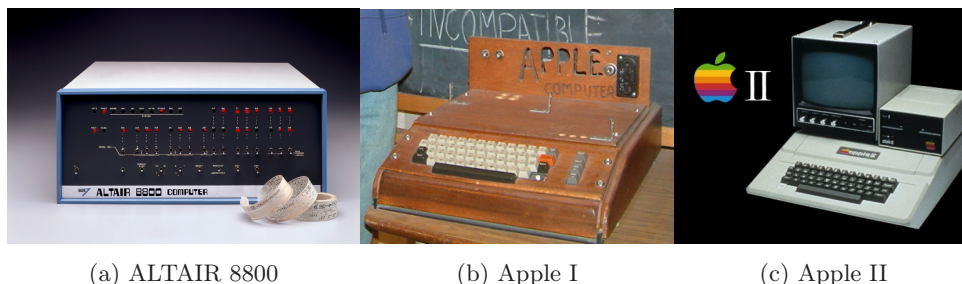
Foram duas as tecnologias que permitiram que os utilizadores se deslocassem com a capacidade de computação e com recursos de rede à “mão”, nomeadamente os computadores portáteis e as comunicações wireless [14]. Como se sabe, o computador ao longo dos tempos foi diminuindo de dimensão o que permitiu o seu transporte, conciliando com um aumento das capacidades de processamento. Já a largura de banda das ligações *wireless* está em contínuo crescente.

Desde os anos 90 os dispositivos móveis tomaram conta do mundo tal como o conhecemos, tornando-se uma ferramenta poderosa e indispensável tanto para empresas como para uso pessoal. Possibilitaram o acesso das pessoas à informação e a beneficiar de certos recursos a qualquer hora e em qualquer lugar.

3.1 Breve História da Computação Móvel

Não existe uma data específica na história que assinale o aparecimento de computação móvel. O primeiro computador pessoal apareceu em 1971 e tinha como nome “Kenbak-1”. Contudo, apesar de representar um marco histórico, só foram vendidos 40 exemplares e a empresa cessou actividade em 1973. Após essa data surgiram vários outros computadores pessoais, dos quais se destacam o MITS Altair, o Apple I e o Apple II, representados na figura 3.1.

O MITS Altair surgiu em janeiro de 1975 e foi o primeiro computador pessoal a estabelecer um recorde de vendas superior às 100 unidades. Este, no presente, é mundialmente conhecido pelo facto de Bill Gates e Paul Allen terem licenciado o seu primeiro BASIC à MITS. Em 1



(a) ALTAIR 8800

(b) Apple I

(c) Apple II

Figura 3.1: Computadores pessoais

de Abril de 1976, os vizinhos e amigos Steve Jobs e Steve Wozniak com a parceria de Ronald Wayne (saiu em 12 de Abril de 1976) fundaram a que viria ser chamada Apple Computer Company, uma das mais conhecidas empresas por todo o mundo, que se mostraria vital para a mobilidade na computação.

A Apple é uma referência no mercado dos computadores pessoais, ao lançar em julho de 1976, o Apple I e ao introduzir a 16 de abril de 1977 o Apple II. Na altura, foram estabelecidos recordes de vendas, com Apple I, ao ser o primeiro a ultrapassar a barreira das 200 unidades vendidas e o segundo as 100.000 unidades.

Um dos grandes paradigmas da computação móvel baseia-se na palavra mobilidade. Com o desenvolvimento do computador pessoal, eis que surge, em março de 1981, o “Osborne I”, o primeiro computador pessoal móvel. Desde esse momento a computação móvel pôde começar a mostrar toda a sua importância, tal como reconhecemos nos dias de hoje. Várias foram as empresas que viram que o futuro sucesso passava pela mobilidade, incluindo a Apple, que pelas palavras de Steve Jobs “... deve ser peça única que se possa pegar e levar” introduziu como requisito vital para afirmação do Macintosh, característica usada na sua apresentação em 1984.

A computação móvel começava aí a ficar definida, mas só nos anos 90 apresentaria todo o seu esplendor. Verificava-se a tendência da diminuição do tamanho do computador, com características mais móveis e práticas para o utilizador. O termo PDA (*Personal Digital Assistant*) nasceu a 7 de janeiro de 1992, e foi inserido no mundo da electrónica pelo director da Apple John Sculley numa exposição em Las Vegas. Nesse mesmo ano foi fundada a Palm que viria a desenrolar um dos papéis mais importantes na área dos PDAs, revolucionando o sector com o Pilot 1000 e 5000 no ano de 1996, tornando os PDAs populares. Desde então, várias são as empresas que entraram para o mercado para aproveitar a grande necessidade dos consumidores deste tipo de dispositivos tecnológicos, incluindo os fabricantes de sistemas operativos e hardware.

Findava o ano de 1992 quando a IBM fabricou o primeiro protótipo chamado *Simon* [15],

que viria a ter a designação de *smartphone*, que advinha da fusão de um telefone móvel com um PDA. Foi lançado para o mercado no ano de 1993 e considerado muito avançado para a sua época. No entanto, só em 1996 é que o *smartphone* veio demonstrar todo o seu potencial por intermédio do Nokia 9000 Communicator, resultado de uma aliança entre a Nokia, com o seu *bestselling* Nokia 9000, e a Hewlett Packard com o seu PDA. Com o sucesso obtido pelo Nokia, muitos dos fabricantes optaram também pela conciliao do PDA com o telefone móvel, tanto que no presente a maior parte dos PDAs são *smartphones*. Temos o caso das mais conhecidas marcas como o HTC, a Apple, a Nokia, o BlackBerry e o HP e dos sistemas operativos mais disseminados, como o Symbian, RIM, iOS, Android, Windows Mobile e Linux.

3.2 Sistema de Operao móvel

Sistema de Operao móvel é o sistema de operao que controla o dispositivo móvel. Vários são os sistemas de operao que equipam os diversos dispositivos designados por smartphones. Têm o mesmo princípio dos sistemas operativos Mac OS, linux ou Windows que controlam os computadores e portáteis, mas possuem características mais “leves” e simples, devido à menor capacidade e dimensão do dispositivo em relao aos computadores pessoais. Os mais importantes e conhecidos sistemas de operao móvel são o Symbian OS, iPhone OS, RIM BlackBerry, Windows Mobile, Linux e Android, possuidores da maior quota de mercado de sistemas operativos de smartphones como se pode comprovar na figura 3.2 com dados fornecidos pela Gartner [16].

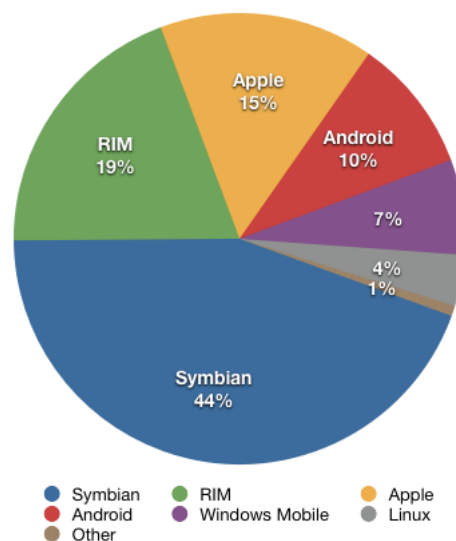


Figura 3.2: Resultados do 1º trimestre de 2010 de Sistemas de Operao móveis vendidos

A figura 3.2 mostra que o Symbian é o sistema operativo preferido pelo mercado, comprovado pelas vendas no primeiro trimestre de 2010, seguindo-se a RIM, Apple, Android, Windows Mobile e por fim o Linux.

3.2.1 Tendência de mercado

Através de um estudo realizado e dados apresentados do primeiro trimestre de 2009 e 2010 pela Gardner [16], consegue-se obter um panorama geral das vendas dos telefones móveis e dos smartphones globalmente.

As vendas de telefones móveis no primeiro trimestre de 2010 totalizaram as 314,7 milhões de unidades. Quando comparado com o ano homólogo de 2009, existiu um crescimento de 17%, mostrando a clara importância na vida do ser humano deste tipo de tecnologia.

Pelas palavras da vice-presidente da Gardner Carolina Milanese, “*no primeiro trimestre do ano 2010, a venda de smartphones verificou o seu maior aumento desde 2006*”. O maior destaque deve-se à estreia de um smartphone no top 5 de fabricantes de dispositivos móveis, o RIM, dando a perceber a significância deste tipo de dispositivo e o crescimento que está a obter neste determinado sector.

A venda de smartphones tem-se superiorizado a cada ano que passa. Quando comparado o primeiro trimestre de 2009 com o mesmo período de 2010 registou-se um aumento de 48,7%, alcançando o registo de vendas de 54,3 milhões de unidades, como se pode verificar na tabela 3.1.

Companhia	Vendas de Smartphones aos utilizadores por Sistema Operativo Móvel			
	2009(primeiro trimestre)		2010(primeiro trimestre)	
	Unidades(milhares)	Quota(%)	Unidades(milhares)	Quota(%)
Symbian	17,825.3	48.8	24,069.8	44.3
RIM	7,533.6	20.6	10,552.6	19.4
iPhone OS	3,848.1	10.5	8,359.7	15.4
Android	575.3	1.6	5,214.7	9.6
Windows Mobile	3,738.7	10.2	3,706.0	6.8
Linux	2,540.5	7.0	1,993.9	3.7
Outros	445.9	1.2	404.8	0.7

Tabela 3.1: Vendas efectuadas de smartphones no primeiro trimestre de 2009 e 2010

A tabela 3.1 disponibilizada pela Gartner consegue elucidar o registo de vendas por sistema

operativo de smartphones. O sistema operativo Symbian verificou o seu estatuto de maior vendedor no primeiro trimestre de 2009 e 2010, aumentando o número de vendas, apesar de perder terreno para o sistema operativo da Apple e Android. O mesmo se passou com o RIM, o segundo maior vendedor de sistemas operativos que viu também a sua quota do mercado ser um pouco afectada. O iPhone continuou a ser terceiro, obtendo um crescimento superior ao dobro e aumentando a sua quota de mercado de 10.5% para 15.4%, aproximando-se assim do RIM. A grande novidade foi mesmo o impulso do sistema operativo Android que viu o seu mercado registar um aumento de quase 10 vezes em vendas, subindo de 1.6% para 9.6% a sua quota de mercado. Assim, alcançou a quarta posição relegando o Microsoft Windows Mobile para a quinta posição.

Em suma, o smartphone está-se a tornar cada vez mais um caso sério de sucesso, podendo mesmo vir a tornar-se um dispositivo indispensável tanto para o ser humano como para instituições e empresas. Representou, no primeiro trimestre de 2010, 17.3% de todas as vendas de telefones móveis, acima dos 13.6% que obteve no mesmo período do ano transacto, afirmando assim todo o seu potencial.

3.3 Android

No domínio dos smartphones, mais importante que o próprio telemóvel é o seu sistema operativo. É o sistema de operação e as aplicações que fazem e poderão fazer a diferença no futuro. Este potencial de mercado foi descoberto por uma das maiores e mais poderosas companhias de Internet do mundo, a Google.

Em Agosto de 2005, a comunidade de tecnologia e de dispositivos ficou em alerta, devido à compra de uma companhia, chamada Android, pela multinacional Google. Existiam rumores que a Android, companhia especializada no desenvolvimento de software para dispositivos móveis, estava a desenvolver um sistema operativo baseado em linux [17]. Nos finais de 2006, houve a confirmação por parte da Google da sua pretensão na pesquisa desta tecnologia, para obter uma presença significativa no espaço móvel. Muitas pessoas assumiam que se tratava do desenvolvimento de um smartphone, mas na realidade a Google possuía uma visão muito mais ampliada e abrangente.

A Google notou uma interessante tendência nos seus motores de pesquisa. A percentagem de pesquisas feitas por meio de dispositivos móveis estava em ascensão. Apenas entre maio e junho de 2007, o tráfego de procura móvel tinha obtido um aumento de 35% [18]. Anteriormente à compra da Android, a Google possuía poucas opções para direccionar os utilizadores de dispositivos móveis à utilização do seu motor de busca, apesar do interesse de muitos destes. Tal devia-se aos sistemas móveis controlarem e não facilitarem a sua utilização, direccionando

os utilizadores para os seus próprios motores de busca, obtendo uma receita adicional ao invés de a perder para a Google [19].

Face a este problema, a Google aliou-se e formou um consórcio de companhias móveis com o nome de The Open Handset Alliance. Esta aliança de 71 companhias de dispositivos móveis e tecnologia acordaram trabalhar em conjunto, transformando a plataforma Android num sistema operacional de classe mundial, livre para qualquer fabricante, baseado num modelo *open-source*, permitindo qualquer programador produzir aplicações.

A figura 3.3 apresenta o logotipo do Android.



Figura 3.3: Logotipo da Android

Com esta plataforma completamente aberta e livre, os fabricantes de dispositivos móveis podem focar-se no hardware, evitando uma sobrecarga com o desenvolvimento de software. Já a Google, com esta iniciativa conseguiu levar a sua avante, incorporando o seu motor de busca de forma semelhante à Microsoft quando embutiu o Internet Explorer no Windows. Fornecendo gratuitamente o seu sistema operativo, a Google conseguiu colocar-se numa posição privilegiada, obtendo as suas receitas em publicidade vinculadas ao seu motor de busca.

Em suma, a plataforma Android com a seu sistema operativo livre e aberto viu a cada ano as suas vendas aumentarem, competindo neste momento com os maiores fabricante de sistemas operativos, mostrando assim todas as suas potencialidades, antevendo-se um futuro brilhante e possível domínio neste determinado sector.

3.3.1 Software

Ao lançamento de um sistema operativo e uma API (Application Programming Interface) pela Google deu-se o nome de Android. Como anteriormente referido o Android é suportado pela OHA (Open Handset Alliance), da qual fazem parte outros nomes como a Sony, Samsung, Motorola e Nvidia.

A um nível básico, o Android é uma distribuição de Linux que inclui uma máquina virtual Java. Assim o Java aparece como linguagem de programação preferencial para a maioria das

aplicações Android. O seu kit de desenvolvimento de software (SDK) inclui um *debugger*, bibliotecas, emulador de telefone móvel, documentação, exemplos de código e tutoriais. Já o seu ambiente integrado de desenvolvimentos é o Eclipse que faz uso do plugin ADT (Android Development Tools). Possui um suporte de base de dados SQLite que se encontra integrado na plataforma Android e o plug-in ADT inclui um emulador Android que permite a simulação de GPS e Wi-Fi. Na figura 3.4  possível observar o ambiente de trabalho do sistema operativo Android.

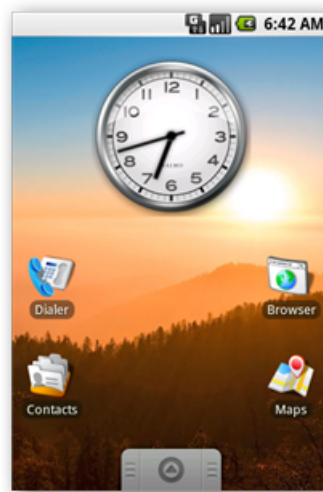


Figura 3.4: Ambiente de trabalho do Android

Anteriormente, os sistemas operativos de telefones móveis eram proprietários, com as aplicações principais estarem vinculadas a uma específica operadora e telefone. Por exemplo, no caso do iPhone, existem restrições, permitindo-se somente que aplicações aprovadas pela Apple obtenham a possibilidade de distribuição ao público. A natureza aberta do Android veio alterar tudo o que se verificava até então, estabelecendo-se um novo padrão para sistemas operacionais de telefones móveis. As suas aplicações desenvolvidas correm numa variedade de smartphones e operadores, pois, o Android está disponível como software de código aberto sob a licença Apache.

Como plataforma *open-source*, um dos grandes objectivos do Android foi permitir a criação de aplicações por parte de qualquer entidade, utilizando as características que o dispositivo móvel oferece, e adequando as suas características às necessidades do consumidor.

3.3.2 Vantagens

Para se compreender melhor o sucesso do Android, deve-se entender primeiramente as dificuldades que os clientes de smartphones se deparam. A insatisfação relatada pela maioria

dos utilizadores refere-se às seguintes áreas em questão [20]: difícil interface, digitar num dispositivo pequeno, navegação da web e falta de aplicações.

Difícil interface: O framework Android permite aos fabricantes de hardware criarem interfaces “amigáveis”. Com a introdução de *touchscreens*, por parte dos fabricantes de dispositivos móveis, o sistema operativo Android está construído para retirar proveito dessa mesma ferramenta.

Digitar num pequeno dispositivo: O Android é simplesmente um sistema operativo, cabendo ao fabricante de hardware o fornecimento de teclado. O Blackberry provou que o método preferido dos utilizadores eram os teclados “QWERTY” com a disposição das letras igual aos computadores. O Android tem a possibilidade de utilizar tanto um teclado padrão como um teclado *touchscreen* “QWERTY”.

Navegação móvel da web: Cada vez mais os dispositivos móveis são indispensáveis ao ser humano. Para tal, muito contribui a possibilidade de se poder navegar na web. Uma das insatisfações dos utilizadores deste tipo de dispositivos deve-se à impossibilidade, em muitos casos, de navegar em páginas da web reais ao invés de versões móveis de web simplificadas. Os operadores de sites, constroem portais alternativos para clientes com pequenos ecrãs e interface limitada. O Android porém, não só é capaz de navegar em pequenas versões móveis, como também fornece um navegador completo de web com capacidade de renderizar páginas de web normais.

Falta de aplicações: O Android como verdadeiro sistema de operação aberto possui tudo a seu favor neste capítulo de insatisfação por parte dos utilizadores. Permite que estes possam desenvolver aplicações baseadas em Java para um dispositivo que utilize o Android, aspecto que o coloca num patamar superior aos outros dispositivos. Tem como concorrente mais próximo, neste aspecto, o iPhone, apesar da necessidade da aplicação passar pela aprovação da Apple para que possa ser oferecida aos seus utilizadores.

3.3.3 Android Vs. iPhone

Tal como o Android, o iPhone é o único smartphone com capacidades para satisfazer as principais necessidades dos utilizadores, o que o torna o maior concorrente do Android. Cada vez mais se torna evidente que um dos segredos para o sucesso dos smartphones são as boas aplicações. É este o pormenor que faz do Android tão especial, graças ao seu grande potencial

de desenvolvimento de aplicações. Nem a mais nova tecnologia, nem a melhor interface neste momento compensa a falta de diversidade e boas aplicações.

Com o pressuposto que a tecnologia que oferece mais opções aplicacionais acabará por ser um líder de mercado, deve-se comparar os dois concorrentes directos neste sector: o Android e o iPhone. Para tal, tem que se analisar qual tecnologia possui maior apoio da comunidade para o desenvolvimento de aplicações e aquela que pode oferecer mais aplicações inovadoras. No que diz respeito ao apoio e ao desenvolvimento podemos comparar as seguintes áreas: base de mercado, facilidade de utilização, suporte e tecnologia.

O iPhone, como líder que é neste campo, tem clara vantagem na base de mercado. Já o sistema operacional Android permite a sua execução em vários dispositivos diferentes, contrariamente ao sistema operativo para dispositivos móveis da Apple. Com isso, o iPhone pode vir a ser ultrapassado por uma plataforma Android que não  específica de hardware. Mas o ponto fundamental resume-se à funcionalidade de uma aplicação produzida. Uma aplicação escrita para o iPhone irá funcionar somente num único dispositivo, o iPhone, enquanto uma aplicação escrita para Android tem a capacidade de poder ser implementado em centenas de equipamentos de diversos fabricantes.

Uma das maiores vantagens que o Android possui relativamente ao iPhone e restantes concorrentes é a facilidade de desenvolvimento. A Apple é fechada, com um ambiente proprietário ao contrário do que sucede com o Android. Como áreas chave para o sucesso de uma tecnologia relativamente à facilidade de desenvolvimento podemos considerar e analisar: activação, sistema operativo subjacente, ferramentas de desenvolvimento e formação(treino).

Activação: Para o desenvolvimento em qualquer tipo de plataforma deve-se possuir as ferramentas necessárias, nomeadamente um SDK. No iPhone para se efectuar o download do iPhone SDK  necessário o registo do utilizador como Apple Developer Connection Subscriber para, após de concordar com uma rigorosa licença, efectuar o download do SDK. Como o SDK do iPhone s corre em MacOS, este aspecto é dissuador para pretendentes a desenvolverem aplicações para este dispositivo.

Por sua vez, a Google lançou o SDK gratuitamente, num ambiente capaz de funcionar em qualquer sistema operativo, permitindo a qualquer indivíduo o desenvolvimento de aplicações.

Sistema Operativo: O iPhone, baseado no MacOS, é fechado, proprietário e controlado pela Apple em contraponto com o Android que ao ser baseado num sistema operativo *open-sourced* Linux, qualquer um o pode estender. Como é de esperar, um sistema aberto e livre está mais inclinado para o sucesso do que outro proprietário e fechado.

Ferramentas de desenvolvimento: Poucos programadores possuem experiência e conhecimentos com a linguagem e o ambiente de desenvolvimento iPhone. Como já referido anteriormente, as aplicações para Android são escritas exclusivamente em Java e, além disso, a Google publicou um plugin para o IDE (Integrated Development Environment) Eclipse. Com um número significativo de pessoas a desenvolverem em Java, existe um vasto grupo que utilizam o ambiente e a linguagem necessária para a criação de aplicações Android.

Formação: Esta é, talvez, a única área destinada ao desenvolvimento que o iPhone bate o Android. A Google lançou um típico manual online e algumas aplicações para introduzir interessados programadores ao desenvolvimento em Android. Por sua vez, a Apple, neste aspecto, encontra-se à frente ao publicar uma série de gravações de sessões de treino. Possui, no entanto, a desvantagem de só se conseguir efectuar o download dessas sessões de treino através do iTunes.

3.4 Conclusões

Face ao exposto e atendendo às nossas necessidades, o sistema operativo Android é o que melhor se adequa para esta dissertação de mestrado.

Tudo se perspectiva em seu favor, desde a tendência de mercado, os fabricantes de hardware a si associados como o seu vasto potencial no desenvolvimento de aplicações, entre outros. Com isto, pretende-se obter uma aplicação que aproveite todos os benefícios de um sistema operativo aberto com enormes capacidades para desenvolvimento como também, tirar vantagem da seu possível futuro domínio no sector dos *smartphones*.

Capítulo 4

Electrocardiografia

Desde muito cedo o ser humano procura estudar e compreender o músculo que lhes dá a vida, o coração. Muitos são os registos de utilização de formas invasivas e arcaicas para a melhor compreensão deste, que se mostravam perigosas para a vida do próprio humano. Para tal, com o desenvolvimento da espécie, houve a necessidade de se avaliar, através de formas não invasivas, os sinais do coração humano perceptíveis à superfície do corpo.

Para tal, foi de extrema importância a descoberta e o conhecimento da bioelectricidade e electricidade geradas pelo coração. Assim foi possível construir instrumentos para medir, compreender e avaliar a actividade eléctrica do coração, os electrocardiógrafos. O electrocardiograma não é mais do que a representação gráfica destes mesmos sinais medidos e capturados pelos electrocardiógrafos num determinado espaço de tempo.

4.1 Breve História da Electrocardiografia

O factor que desencadeou a electrocardiografia foi a observação por parte de Aloysio Luigi Galvani, no ano de 1787, da contracção de um músculo de uma rã quando exposta a uma descarga eléctrica. Desde então obteve-se o conhecimento da bioelectricidade. Esta observação fez com que Galvani explorasse as propriedades eléctricas dos tecidos vivos inserindo a ideia de electricidade animal [21]. Contudo, Alessandro Volta, professor de física na Universidade de Pavia, contrariou e contestou a interpretação de Galvani, negando a existência de electricidade animal, gerando uma das mais famosas controvérsias científicas. Como resultado da sua controvérsia com Galvani, Volta construiu o que agora se designa de pilha voltaica. Ironicamente, foi enquanto trabalhava com a pilha voltaica, que em 1920 Oersted descobriu o electromagnetismo, princípio de funcionamento do galvanómetro, que possibilitou a medição da electricidade animal pela primeira vez [22].

Embora se tenha provado, por Galvani, a existência do fenómeno electromotor nos tecidos

vivos em 1794, só mais tarde quando decorria o ano de 1843 a que Emil DuBois-Reymond conseguiu registar e avaliar com o seu próprio galvanómetro a magnitude de potencial eléctrico dos tecidos vivos. Matteucci demonstrou nesse mesmo ano que através do músculo em descanso a corrente também podia ser medida. Já DuBois-Reymond trabalhava no laboratório de Johannes Muller, que se havia interessado nos estudos de Carlo Matteucci sobre electricidade animal, encorajando DuBois a realizar estudos similares e a investigar esse fenómeno mais detalhadamente. DuBois, na continuação do seu trabalho, de investigação do fenómeno de electricidade animal, desenvolveu um instrumento capaz de gerar e fornecer estímulos aos músculos e medir correntes de descarga, ao qual designou de reótomo.

Julius Bernstein, um aluno de Dubois-Reymond, interessado em traçar o curso de tempo da variação negativa (corrente de acção), modificou o reótomo de modo a que o intervalo e a amostragem pudesse ser variada. A este instrumento deu o nome de reótomo diferencial (figura 4.1) e foi introduzido no ano de 1868. Instrumento que se revelou um marco importante na história da electrocardiografia ao registar os primeiros electrocardiogramas. Com ele, Marchand, em 1877, registou o curso de tempo das variações de potencial do coração das rãs, apresentando os seus dados em tabelas que indicavam a intensidade da corrente eléctrica em vários intervalos durante o ciclo cardíaco. Com o mesmo instrumento, em 1878, Engelmann foi o primeiro a apresentar graficamente num curso de tempo as variações do potencial eléctrico do músculo cardíaco da rã (electrocardiograma). As curvas publicadas mostravam claramente a natureza difásica dos potenciais de acção registados do coração.

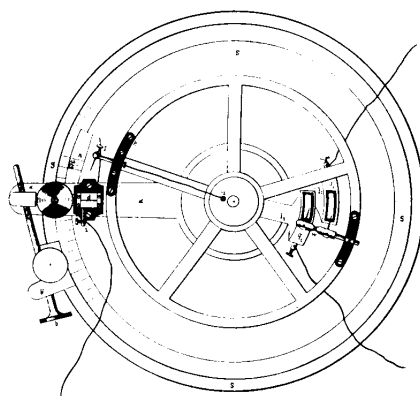


Figura 4.1: Reótomo diferencial usado por Bernstein para medir o potencial de acção

Embora o reótomo diferencial possuísse a característica de registar o curso de tempo das variações dos potenciais de acção cardíacos, faltou uma certa sensibilidade ao instrumento para a sua utilização normalizada.

Face a esta dificuldade, procurou-se construir um instrumento mais exacto e fiável para

a medição de correntes bioeléctricas. Instrumento obtido por Gabriel Lippmann em 1872, possuindo uma grande sensibilidade, denominado de electrómetro capilar. O electrómetro capilar ficou imediatamente popular entre os electrofisiologistas.



Figura 4.2: Electrómetro Capilar de Lippmann

Pelas mãos de Marey o electrómetro capilar sofreu melhoramentos, conseguindo que as variações de potencial por si registadas fossem fotografadas. Deste modo, por 1876, um instrumento sensível estava disponível, pelo meio do qual, registos directos e permanentes de fenómenos bioeléctricos podiam ser obtidos. Contudo, apesar da sua relativa sensibilidade, os seus movimentos eram lentos, facto que levou mais tarde Willem Einthoven a procurar um galvanómetro ainda mais satisfatório. Apesar das suas deficiências, muitas das descobertas fundamentais sobre a actividade eléctrica do coração foram feitas com o electrómetro capilar. Uma das quais por Augustus Désiré Waller, um ilustre fisiologista de Londres, que descobriu a não necessidade de abertura do peito e exposição do coração para o registo da actividade eléctrica do coração humano [22]. Waller foi o primeiro a registar a actividade eléctrica do coração humano em 1887 designando o registo de “electrograma”, apesar de no ano seguinte numa palestra referir-se aos registos obtidos com o electrómetro capilar como “cardiogramas”. Foi Einthoven que mais tarde introduziu o termo “electrocardiograma”.

Entre 1893 e 1896 George J. Burch e Willem Einthoven desenvolveram métodos para a calibração e correcção dos registos obtidos por meio do electrómetro capilar. Com isso previram o sinal aproximado que agora conhecemos como a verdadeira forma do ECG, denominada por Einthoven de formas de onda electrocardiográficas [21], como se pode verificar na figura 4.3. Designação que percorreu os tempos, utilizando-se ainda nos dias de hoje.

Depois de trabalhar alguns anos com o electrómetro capilar, Willem Einthoven da Universidade de Leiden na Holanda, encontrava-se insatisfeito com os resultados obtidos por este

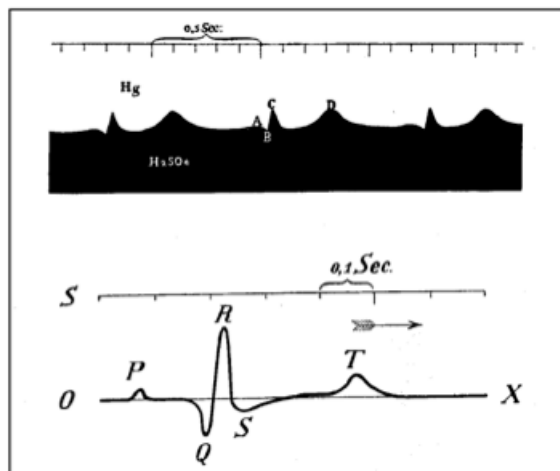


Figura 4.3: Notação electrocardiográfica sugerida por Einthoven, resultado do seu trabalho com o electrómetro capilar

instrumento. Por isso, começou a sua busca por um dispositivo e métodos mais satisfatórios para o registo da actividade eléctrica do coração. Com a descoberta do electromagnetismo por Oersted em 1820, vários foram os físicos que procederam à construção de galvanómetros para a medição da intensidade da corrente eléctrica. O mais popular foi desenhado por Jacques Arsène d'Arsonval no ano de 1889. Einthoven fez uso do galvanómetro de d'Arsonval por um tempo, achando-o demasiado sensível para os seus objectivos. Por este motivo, por volta de 1900, começou a desenhar e a construir o seu próprio galvanómetro. Os seus esforços obtiveram frutos ao conseguir construir um instrumento sensível, robusto e ideal para o registo das variações de potencial do coração, conhecido como “galvanómetro de cordas” [22] (figura 4.4).

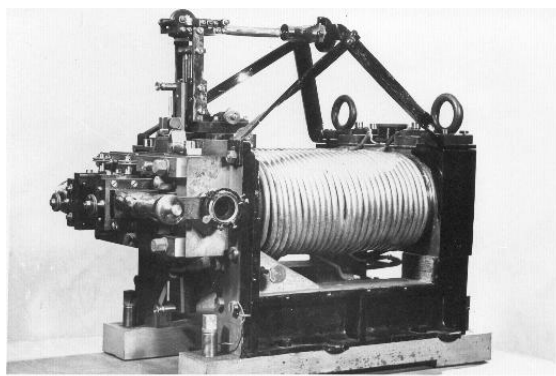


Figura 4.4: Galvanómetro de Cordas de Einthoven

A criação do aparelho ideal estava encontrado. Logo, imediatamente a seguir à publicação

do paper em 1903, onde Einthoven descrevia os resultados dos seus estudos com o galvanómetro de cordas, muitos foram os fisiologistas e clínicos a visitar o seu laboratório. Estes procuravam estudar e adquirir uma duplicação do instrumento. Tal era a procura que Einthoven foi incapaz de atender todos na sua própria loja [22].

Desde então, instrumentos semelhantes foram contruídos, evoluídos e melhorados com o aparecimento de novas tecnologias. Gradualmente diminuíram de tamanho e foram disseminados por todo a parte, obtendo no presente um valor imprescindível para qualquer organismo de saúde e não só. Mas sempre fiéis à concepção e conceitos introduzidos pelo galvanómetro de cordas de Einthoven.

4.2 Transmissão de Impulsos Eléctricos

O coração é um órgão muscular oco com quatro cavidades, nomeadamente duas aurículas situadas na parte superior do coração e dois ventrículos situados na parte inferior deste. As aurículas são separadas por uma fina parede muscular designada de septo interauricular, os ventrículos por uma grossa parede muscular chamada de septo interventricular e as aurículas e ventrículos são separados pelo septo auriculoventricular. Na verdade o coração funciona como duas bombas separadas. A aurícula direita e o ventrículo actuam como uma bomba impulsora de sangue venoso para os pulmões enquanto a aurícula esquerda e o ventrículo agem como outra bomba que impulsiona o sangue arterial para a circulação sistémica. O coração funciona como uma bomba impulsora e aspirante do sangue e para isso é importante os sincronizados e alternados movimentos de contracção e descontração ou relaxamento.

Os impulsos eléctricos são fundamentais para a compreensão do funcionamento do coração. Só com eles é possível a ocorrência de contração do coração e seu momentâneo bombeamento de sangue para o resto do corpo humano. Para a geração destes impulsos eléctricos e sua transmissão dependem as células cardíacas com quatro características chave que são: a automaticidade, a conductividade, a contractilidade e a excitabilidade [23].

Automaticidade É a capacidade de espontaneamente gerar um impulso eléctrico. Normalmente as células *pacemaker* possuem essa capacidade.

Excitabilidade Refere-se à capacidade de resposta das células a estímulos eléctricos, resultado do deslocamento de iões através da membrana das células.

Conductividade A conductividade é a capacidade das células transmitirem um impulso eléctrico de uma célula para a outra.

Contractilidade Contractilidade é a capacidade de contracção das células após a recepção de um estímulo.

Destas quatro características, três delas devem-se às propriedades eléctricas das células. Só a contractilidade se deve a um mecanismo de reacção às actividades eléctricas. De todas elas, a automaticidade tem um maior efeito na génese dos ritmos cardíacos.

4.3 Despolarização e Repolarização

As células cardíacas passam por ciclos de despolarização e polarização consoante os impulsos que lhes são transmitidos. Elas são consideradas polarizadas quando estão em repouso, significando que não existe nenhuma actividade eléctrica a ocorrer. Dá-se a separação de concentração de iões, tais como o sódio e o potássio, pelas membranas das células, provocando uma maior carga negativa dentro das células, designando-se de potencial de repouso. Ao ocorrer um estímulo, dá-se um deslocamento através da membrana da célula desencadeando um potencial de acção ou despolarização da célula. Ao estar totalmente despolarizada, a célula tenta regressar ao seu estado de repouso num processo que possui a designação de repolarização. Assim, as cargas elétricas invertem-se regressando a célula ao seu estado normal e inicial [23].

4.3.1 Fases de Despolarização-Repolarização

O ciclo de despolarização-repolarização consiste em 5 fases electrofisiológicas numeradas de 0 a 4. Estas 5 fases são fundamentais para a compreensão da electrofisiologia. Já o electrocardiograma é utilizado para registar estas mesmas fases do potencial de acção. Uma anomalia do coração pode prejudicar e corromper qualquer uma destas 5 fases possibilitando assim a sua detecção num traçado de um electrocardiograma [24], ajudando e permitindo assim o seu diagnóstico e posteriori tratamento.

Fase 0: Despolarização rápida

A célula recebe um estímulo proveniente de uma célula vizinha. Ao receber este estímulo ela torna-se mais permeável ao sódio, o que a torna menos negativa, isto é, com uma carga menos negativa. Ela é assim despolarizada e dá-se a contracção do miocárdio.

Fase 1: Repolarização inicial

Nesta fase, o sódio pra de fluir para a célula e o potencial da transmembrana cai ligeiramente.

Fase 2: Fase planalto

Esta é a fase com um período prolongado de lenta repolarização.

Durante a primeira e a segunda fase até ao começo da terceira fase, compreenda-se fase de repolarização rápida, as células cardíacas estão no período refractrio absoluto. Seja qual for o estímulo que lhes seja aplicado, nenhum conseguirá excitar as células cardíacas.

Fase 3: Repolarização rápida

Nesta fase, ocorre o regresso ao estado original da célula. Durante a última metade desta fase, um estímulo mais forte pode despolariz-la.

Fase 4: Fase de repouso

Esta é a fase de repouso do potencial de acção. No final desta fase a célula está pronta para outro estímulo.

A figura 4.5 retrata as cinco fases dando ênfase  acção potencial e condutância inica na célula ventricular.

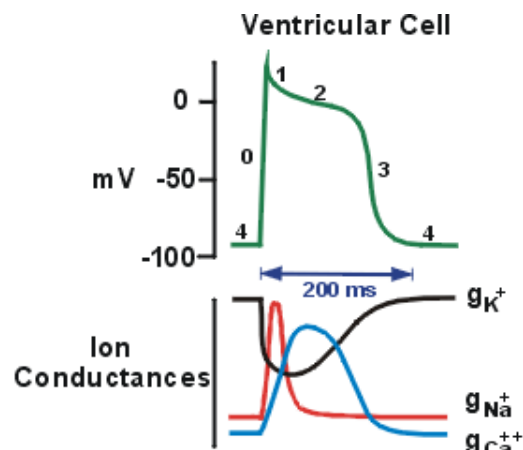


Figura 4.5: Acção potencial e condutância inica na célula ventricular

Como se constata, o coração contrai-se por se gerar potenciais de acção. Esses potenciais de acção devem-se aos deslocamentos de diferentes iões de dentro para fora e de fora para

dentro das células, nomeadamente o potássio (K^+), o sódio (Na^+) e o cálcio (Ca^+). São estas mudanças na condutância da membrana celular que alteram os potenciais de acção.

A figura mostra a acção potencial de todas as fases aqui referenciadas. Mais do que isso, mostra também todas as condutâncias iónicas que se efectuam nas cinco fases na membrana celular, que alteram os potenciais de acção.

Fase 0: Existe um aumento na condutância de sódio e uma diminuição na de potássio.

Fase 1: É verificado uma diminuição na condutância de sódio e um aumento na de potássio.

Fase 2: Verifica-se um aumento na condutância de cálcio.

Fase 3: Existe um aumento na condutância de potássio e uma diminuição na de cálcio.

Fase 4: Verifica-se um aumento na condutância de potássio e uma diminuição na de sódio e na de cálcio.

4.4 Electrocardiograma (ECG)

Uma das ferramentas mais valiosas para o diagnóstico é o electrocardiograma (ECG). O electrocardiograma é a representação gráfica da actividade eléctrica do coração como forma de onda durante um período de tempo. Com ele conseguiu-se criar padrões, com direcções, durações e amplitudes muito previsíveis. Devido a este factor, consegue-se interpretar um ECG e identificar essas formas de onda como normais ou anormais. Para sua correcta interpretação deve-se reconhecer e analisar primeiro os componentes chave separadamente antes de os combinar para se alcançar uma conclusão da actividade eléctrica do coração [23].

A actividade eléctrica do coração produz correntes eléctricas que se irradiam através do tecido circundante. Os eléctrodos, ao estarem ligados à pele, sentem essas correntes eléctricas, transmitindo-as ao electrocardiógrafo. Esta actividade eléctrica é então transformada em forma de onda que representa o ciclo de despolarização-repolarização do coração, a que se dá o nome de electrocardiograma. Ele mostra a sequência precisa dos eventos eléctricos que ocorrem nas células cardíacas em todo este processo, identificando os distúrbios de ritmo e anormalidades de condução.

Devido ao facto das correntes eléctricas provenientes do coração se propagarem em diversas direcções, os eléctrodos são colocados em diferentes localizações para obtenção de uma “imagem” total da actividade eléctrica do coração. O ECG regista assim informação de diferentes

perspectivas, que são designadas de derivações e planos. Um dos principais tipos de registo de electrocardiograma que fornece informações mais valiosas sobre a actividade eléctrica do coração é o ECG de 12 derivações [23].

4.4.1 ECG de 12 derivações

Um ECG de 12 derivações regista a informação de electricidade do coração de dois planos diferentes em doze perspectivas diferentes do coração [25]. Este sistema consiste num total de 6 derivações de membros e 6 derivações pré-cordiais ou do peito (tabela 4.1). Cada derivação captura a informação da actividade eléctrica do coração entre dois pontos, ou pólos, consistindo num pólo positivo e outro negativo. Entre os dois pólos encontra-se uma linha imaginária que representa o eixo de derivação, termo relativo à direcção do movimento da corrente através do coração.

Derivações dos membros		Derivações pré-cordiais
Derivações bipolares	Derivações unipolares	Derivações unipolares
I	aVL	V1
II	aVR	V2
III	aVF	V3
		V4
		V5
		V6

Tabela 4.1: Derivações dos membros e pré-cordiais(peito)

Derivações dos membros

As primeiras 6 derivações são chamadas de derivações dos membros, sendo elas as derivações I, II, III, aVR, aVL, aVF como nos mostra a figura 4.6. São assim designadas devido à colocação dos eléctrodos das derivações nos braços e pernas do paciente. Estes capturam a actividade eléctrica do coração ao longo do plano frontal. As derivações I, II, III são bipolares, pois necessitam de um eléctrodo negativo e um positivo para monitorizar o coração.

Uma linha imaginária pode ser desenhada entre o eléctrodo positivo e negativo destas três derivações bipolares, representando o eixo de cada derivação. Estes eixos formam um triângulo equilátero à volta do coração designado de triângulo de Einthoven (figura 4.7). Teoricamente, o centro deste triângulo representa o centro da actividade eléctrica.

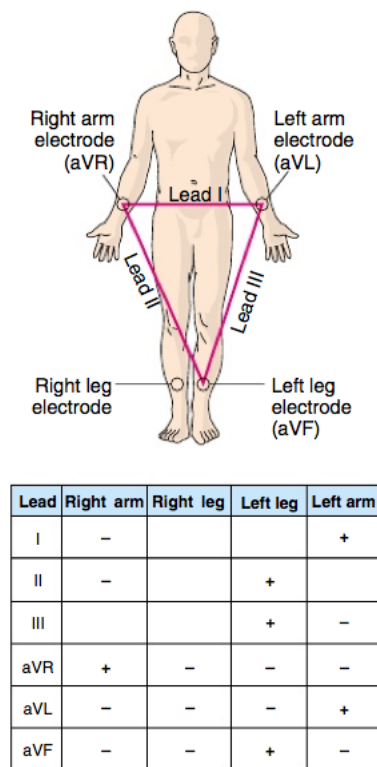


Figura 4.6: Derivações dos membros e respectivas polaridades

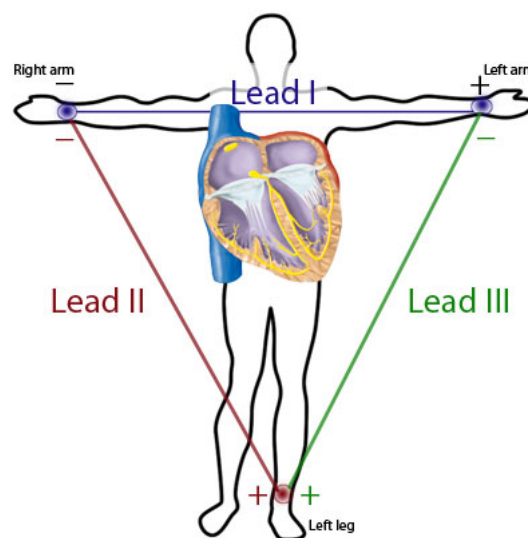


Figura 4.7: Triângulo de Einthoven

As derivações *aumentadas* aVR, aVL e aVF são unipolares. São denominadas de aumentadas pela amplitude registada no ECG ser aumentada em 50%, da a razão para vogal “a” no início do nome destas derivações. A letra “V” destas derivações representam a voltagem e as letras “R”, “L” e “F” representam o local onde se coloca o eléctrodo positivo. Estas derivações unipolares, são assim designadas por necessitarem apenas de um eléctrodo positivo, apesar de na realidade o centro do coração (n auriculoventricular) agir como um eléctrodo negativo. Monitorizam a actividade eléctrica entre o eléctrodo positivo e o ponto de referência nulo do centro do coração.

As derivações dos membros, juntas monitorizam a actividade eléctrica do coração no plano frontal, actividade que flui ao longo da superfície anterior do coração. Esta vai desde a base até ao ápice do coração, na direcção da direita para a esquerda. São denominadas derivações laterais esquerdas as derivações I e aVL, pelo facto de monitorizarem o lado esquerdo do coração. Já as derivações II, III e aVF monitorizam as superfícies inferiores do coração, por isso chamadas de derivações inferiores. A derivação aVR costuma ser ignorada pelo facto de não contribuir com muita informação para a interpretação de um ECG de 12 derivações. A figura 4.8 mostra no plano frontal todas as derivações dos membros.

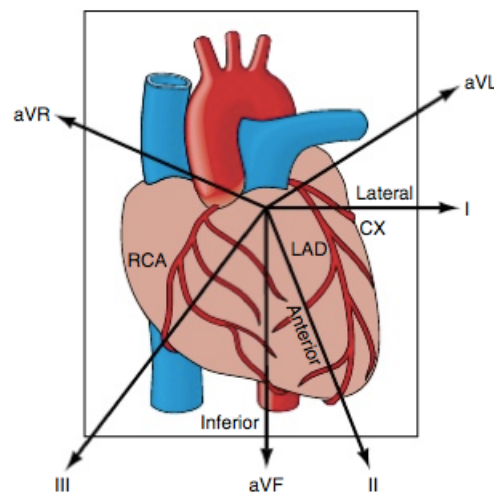


Figura 4.8: Derivações dos membros

Derivações pr-cordiais (peito)

As segundas seis derivações do ECG de 12 derivações são as derivações pr-cordiais ou do peito. Por muitos designadas de *derivações V* devido à forma da sua concepção e/ou nomeação [25]. Os nomes das derivações pr-cordiais são: V_1 , V_2 , V_3 , V_5 e V_6 . Situam-se num

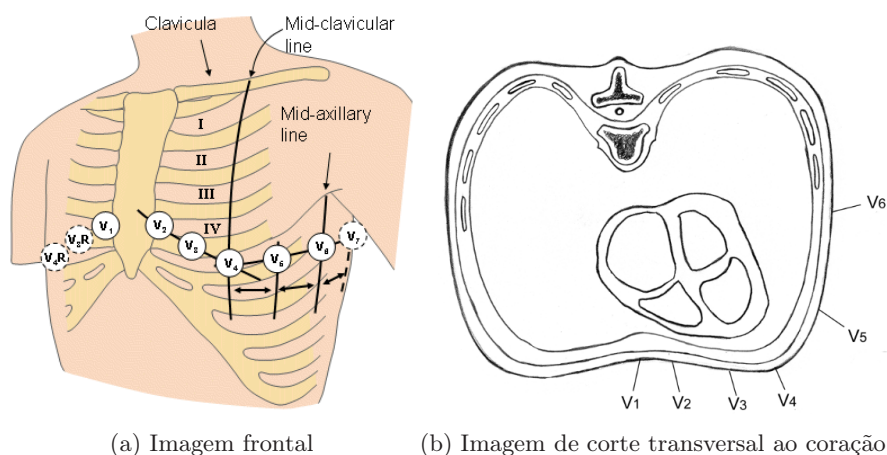


Figura 4.9: Localização dos eléctrodos das derivações pré-cordiais

semi-círculo à volta do coração como nos ilustra a figura 4.9.

Como as derivações *aumentadas* (aVR, aVL e aVF) também estas são unipolares, necessitando unicamente do eléctrodo positivo, com o centro do coração a agir como ponto de referência negativo. As derivações pré-cordiais monitorizam o coração segundo o plano horizontal ao registar a actividade eléctrica que percorre o coração no plano transversal. As derivações V_1 e V_2 monitorizam o ventrículo direito, as V_3 e V_4 do septo ventricular e as V_5 e V_6 o ventrículo esquerdo. São chamadas também de derivações anteriores as derivações V_1 , V_2 , V_3 e V_4 , e por derivações laterais as derivações V_5 e V_6 . A figura 4.10 mostra o plano horizontal com todas as derivações pré-cordiais.

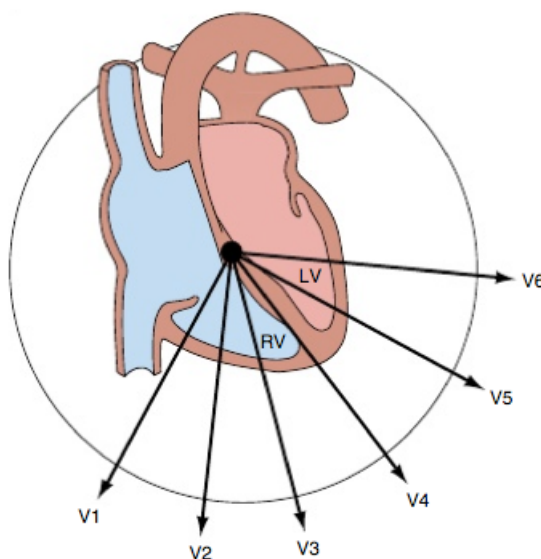


Figura 4.10: Derivações pré-cordiais no plano horizontal

4.4.2 Grelha electrocardiográfica e suas normais configurações

As formas de onda produzidas pela corrente eléctrica do coração são capturadas e registadas numa representação gráfica em papel electrocardiogrfico. O papel electrocardiogrfico consiste numa disposição de linhas horizontais e verticais que formam uma grelha como nos mostra a figura 4.11. Os sistemas ECG utilizam esta mesma grelha *standard* a uma razão de 25 mm/s.

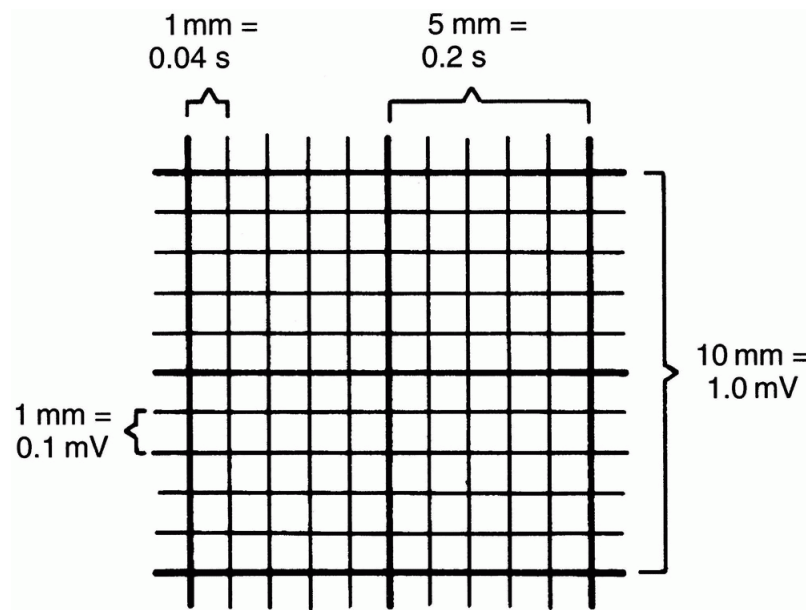


Figura 4.11: Grelha electrocardiográfica

O eixo horizontal representa o tempo, que se divide por pequenos e grandes quadrados. Cada pequeno quadrado, da horizontal, equivale a 0,04 segundos. O conjunto de 5 quadrados pequenos perfaz um grande que equivale a uma duração de 0,20 segundos. Este é delineado por linhas mais carregadas para sua melhor diferenciação.

O eixo vertical mede a voltagem e cada quadrado pequeno representa a amplitude (ou voltagem) de 0,1 milivolts, correspondente a 1 milímetro de distância. Cada quadrado grande, composto por 5 dos pequenos representa 5 milímetros ou 0,5 milivolts [26].

No geral, é a direcção e a magnitude da actividade eléctrica do coração que determinam o tamanho na grelha ECG. Uma forte actividade eléctrica, tal como a despolarização dos ventrículos, produz uma forma de onda de grande dimensão. Uma fraca actividade eléctrica, tal como a despolarização da aurícula, produz uma forma de onda pequena. Já a inexistência de actividade eléctrica gera uma linha recta na grelha ECG. Um factor importante a ter em atenção  a ocorrência de um forte e um fraco impulso no mesmo instante. Neste caso, o impulso fraco será abrangido e escondido pelo impulso forte.

Como nos mostra a figura 4.12 “as configurações normais de um ECG são compostas de ondas, complexos, segmentos e intervalos registados como voltagem (no eixo vertical) em função do tempo (no eixo horizontal). Uma forma de onda começa e termina no referencial de potencial nulo. Quando uma forma de onda ultrapassa o referencial nulo continuamente, esta muda para outra forma de onda. Duas ou mais formas de onda juntas formam um complexo. Uma linha plana, direita ou isoelectrica é chamada de segmento. Uma forma de onda, ou complexo, ligada a um segmento é designado de intervalo. Todos os traçados de um ECG acima do potencial nulo são descritos como deflexões positivas, e os traçados abaixo desse mesmo potencial são descritos como deflexões negativas [24].

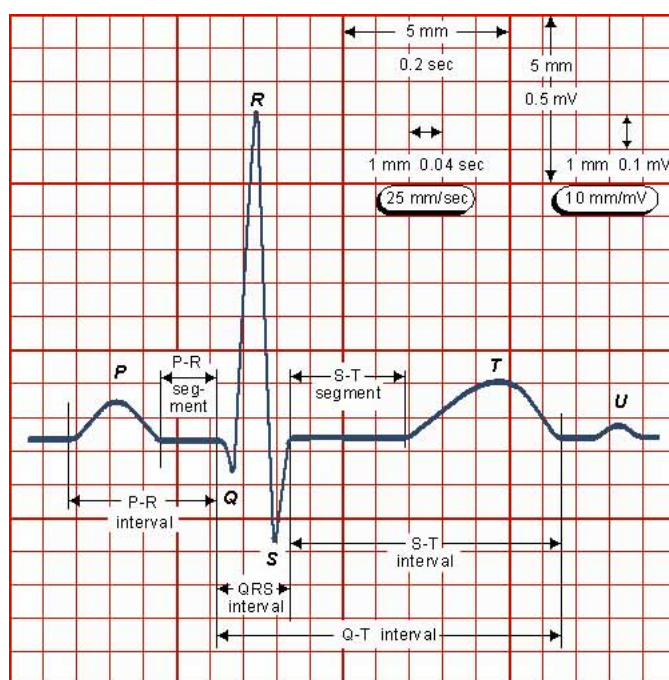


Figura 4.12: Grelha ECG, ondas, intervalos e segmentos

Formas de onda ECG

Um complexo ECG caracteriza a actividade eléctrica que ocorre num ciclo cardíaco. Três formas de onda compõem um traçado ECG, nomeadamente a onda P, o complexo QRS e a onda T. Estas unidades de actividade eléctrica podem também ser sub-divididas em segmentos e intervalos: o intervalo PR, o segmento ST e o intervalo QT.

Onda P: A onda P é a primeira componente duma forma de onda normal. Representa a despolarização auricular ou a transmissão de um impulso eléctrico através da aurícula. Uma onda P normalmente é simétrica e positiva. Possui uma amplitude de 2 a 3 mV, uma duração

que ronda dos 0,08 aos 0,11 segundos e precede o complexo QRS. Um aumento registado na duração ou amplitude da onda P indica alguma anormalidade auricular.

Intervalo PR: O intervalo PR segue o impulso auricular. Este intervalo representa toda a actividade auricular. Quando se analisa este intervalo, repara-se particularmente para a sua duração. Uma alteração do seu intervalo significa uma alteração na formação de impulsos ou num atraso da transmissão dos mesmos. Este intervalo começa desde o início da onda P até ao início do complexo QRS e em condições normais possui uma duração de 0,12 a 0,20 segundos.

Complexo QRS: A seguir à onda P vem o complexo QRS que representa a despolarização ventricular (transmissão de impulso). Logo após à despolarização dos ventrículos, representado no complexo QRS, eles contraem. Tal contracção impulsiona o sangue dos ventrículos, bombeando-o para as artérias. Tal conjunção de eventos cria um batimento. A duração normal deste complexo é de 0,06 a 0,10 segundos e possui um intervalo de amplitude máxima de 0,5 a 3 mV, diferindo para cada eléctrodo utilizado. O complexo é constituído por três formas de onda distintas, nomeadamente a onda Q, a onda R e a onda S. A onda Q representa a primeira deflexão negativa logo após o término da onda P (figura 4.13.a), a onda R a primeira deflexão positiva após a onda Q (figura 4.13.b) e a onda S a primeira deflexão negativa após a onda R (figura 4.13.c) [24].

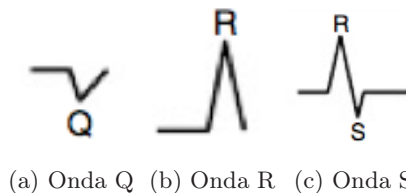


Figura 4.13: Formas de onda do complexo QRS

Segmento ST: O segmento ST representa o término da despolarização ventricular e o início da repolarização ventricular[27]. O ponto que marca o final do complexo QRS e o início do segmento ST é conhecido por ponto J como nos mostra a figura 4.14.

Onda T: O pico da onda T representa um período refractório relativo de repolarização ou recuperação ventricular. Normalmente esta onda tem uma deflexão positiva, apesar de, por vezes possuir uma deflexão negativa. Normalmente possui uma duração aproximada de 0,20 segundos e representa a conclusão do ciclo de actividade eléctrica.

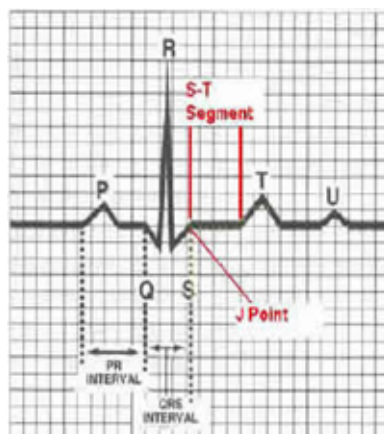


Figura 4.14: Segmento ST

Onda U: A onda U pode ser visível logo a seguir à onda T. Possui uma deflexão igual à onda T e a sua origem não é conhecida. Devido à sua voltagem, esta geralmente é plana e por vezes não é visível. Alguns autores consideram que a sua presença, teoricamente, pode indicar uma repolarização tardia de alguns tecidos cardíacos, por isso, a presença desta onda não é considerada como anormal [28].

Intervalo QT: O intervalo QT é medido desde o início do complexo QRS até ao final da onda T. Este representa toda a actividade ventricular, isto é, a despolarização ventricular que ocorre no complexo QRS e a sua repolarização que ocorre no segmento ST e na onda T. O intervalo QT normalmente tem a duração aproximada de 0,38 segundos, variando consoante o sexo ou a idade. Varia indirectamente com batimento cardíaco, durando menos tempo quanto mais rápido esse batimento se verificar. Isto porque, quanto mais rápido for o batimento cardíaco, mais rápida é também a repolarização ventricular. Por outro lado, quanto mais lento for o batimento cardíaco, maior é a duração do intervalo QT [24].

A tabela 4.2 sumariza todas as formas de onda electrocardiográficas e respectiva actividade do coração.

4.5 Electrocardiografia digital

Uma das primeiras aplicações de diagnóstico médico em computadores digitais foi a electrocardiografia. Conversores analógicos-digitais permitiram a ligação de um ou mais electrocardiógrafos a computadores. Estes sistema primeiramente muito dispendiosos, apenas existiam em centros médicos de grandes dimensões que tinham condições de suportar tais custos. Já a eficiência destes sistemas foi assunto de grande discussão, graças ao seu alto custo, erros

Formas de onda	Actividade do coração
Onda P	Despolarização auricular ou transmissão de um impulso através da aurícula
Intervalo PR	Total actividade eléctrica a nível auricular
Complexo QRS	Despolarização ventricular
Segmento ST	Término da despolarização ventricular e início da repolarização ventricular
Onda T	Período refractrio relativo de repolarização ventricular
Onda U	Origem desconhecida
Intervalo QT	Total actividade eléctrica a nível ventricular

Tabela 4.2: Formas de onda ECG e respectiva actividade do coração

significantes nas medições automáticas e incompatibilidades entre diferentes sistemas.

Com a evolução dos computadores pessoais e dos sistemas operativos, foram ultrapassadas todas essas desvantagens e hoje em dia quase todos os electrocardiógrafos utilizam o registo digital, como também técnicas de interpretação e de comunicação. Contudo, tem existido pouco progresso a nível de compatibilidade na troca de dados ECG entre electrocardiógrafos. Os grande fabricantes de dispositivos ECG (Siemens, Mortara, HP, NEC, etc) desenvolveram as suas próprias normas, incompatíveis com as normas de outros fabricantes [29]. Como tal, a normalização deste fluxo de comunicação é um factor fundamental para alcançar-se a interoperabilidade.

4.5.1 Normalização na electrocardiografia digital

A troca de electrocardiogramas digitais de uma forma compatível tem sido a questão chave durante as últimas décadas. A interoperabilidade é tanto um pré-requisito como factor impulsionador para uma comunicação versátil, eficiente e útil entre dispositivos médicos e sistemas de armazenamento de sinais ECG. Como existe a necessidade do ECG para diferentes utilizações (exames de diagnóstico, atendimento de emergência e ensaios clínicos), uma grande variedade de padrões foram propostos e desenvolvidos. Destes, o formato SCP-ECG e o Annotated ECG HL7 são os mais conhecidos e disseminados, pelo que os passo a descrever já de seguida.

Standard SCP-ECG

A base para o padrão SCP-ECG (*Standard Communications Protocol of Computerized Electrocardiography*) foi desenvolvida num projecto da “European AIM R&D” que decorreu entre 1989 e 1991. Durante o projecto, realizou-se um inventário de métodos de compressão já

existentes, e uma nova abordagem para a qualidade de compressão do sinal ECG foi desenvolvida. Em 1993, foi aprovada pelo CEN (Comité Europeu de Normalização) como pré-norma ENV 1064 [30].

Este *standard* foi implementado por um conjunto de fabricantes europeus e americanos. A experiência prática durante a implementação confirmou a sua usabilidade em aplicações de telemetria, bem como para armazenamento de dados de volume efectivo e recuperação. No entanto, a alta flexibilidade inicialmente pretendida resultou numa insuficiente interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes. Esta liberdade/flexibilidade considerável que a norma permitiu foi explorada na totalidade pelos fabricantes. Tal resultou em variações substanciais na forma como os ECG digitais são armazenados, devido a erros de interpretação ou uma ambígua descrição da própria norma que originou diferenças críticas. Como consequência, o formato foi analisado e revisto por um Comité AAMI (*Association for the Advancement of Medical Instrumentation*), tornando-se em 2000 a norma AAMI EC71 [31].

O SCP-ECG é um dos padrões mais difundidos de entre as diferentes iniciativas de interoperabilidade para troca e armazenamento de sinais ECG. É um formato binário codificado que descreve o conteúdo e a estrutura da informação que deve ser trocado entre aparelhos de electrocardiogramas digitais. Uma das principais características deve-se à sua natureza binária codificada, gerando ficheiros de menor dimensão relativamente a outras abordagens XML. Tal característica torna-o apropriado para ambientes com limitadas taxas de transmissão e/ou em casos de necessidade de economização de espaço de disco. Além disso, já existem diversas ferramentas e aplicações implementadas (visualizadores, parsers, conversores, servidores de processamento) para a norma.

Apesar de ter sido concebido essencialmente para o registo das 12 derivações em repouso, tem sido aplicado com sucesso noutros tipos de ambiente. Dois exemplos disso são transmissões em tempo real de ficheiros SCP-ECG provenientes de ambulâncias e o acompanhamento e monitorização fora do hospital [32].

Quanto ao conteúdo do ficheiro SCP-ECG, além do registo dos sinais ECG, contém um cabeçalho com informações específicas sobre o exame e paciente, tais como, identificação do paciente, nome, data, hora de aquisição, etc. Este pode também conter informações adicionais, tais como, parâmetros calculados (frequência cardíaca, intervalos, durações de onda e amplitude, eixos, etc) e diagnóstico.

Apesar do imenso trabalho colocado no desenvolvimento da norma, esta não foi adoptada mundialmente. Facto é, que apenas alguns fabricantes fornecem suporte para SCP-ECG [30].

Standard aECG HL7

O aECG HL7 (*Annotated ECG Health Level 7*) suportada pela ANSI (*American National Standards Institute*) é um formato de ECG baseado em XML, criado pela FDA (*Food and Drug Administration Agency*) e pela HL7, para suporte de formas de onda e anotações [32]. Este padrão foi criado em resposta à iniciativa do ECG digital da FDA, introduzida em Novembro de 2001.

Para a FDA, um passo necessário para a apresentação das formas de ondas e anotações era possuir-se um formato padrão para os dados. Foi feita uma avaliação dos padrões existente, não se encontrando nenhum que reunisse todas as necessidades. Como tal, a FDA, patrocinadores, laboratórios centrais e fabricantes de dispositivos trabalharam junto na criação desse padrão. O standard aECG foi criado pela HL7 RCRIM (*Regulated Clinical Research Information Management*) em resposta às necessidades da FDA. Passou a votação final em Janeiro de 2004 e aceite pela ANSI em Maio de 2004 [33].

Estruturalmente, o formato FDA XML é baseado na 3ª versão HL7 do padrão de mensagens. Todos os elementos XML (TAGS) do modelo, são derivados da chamada HL7 R-MIM (*Refined Message Information Model*), que define todos os componentes que fazem uma mensagem informativa HL7 específica. O modelo R-MIM é composto por um conjunto de elementos que podem ser “actos” (observação médica ou procedimento) ou “entidades” (pessoa ou organização) que executam os “actos”. Cada “entidade” participa na execução de um “acto” com uma “função” específica (doente ou empregado). Uma única mensagem pode incluir vários “actos” que podem estar relacionados uns com os outros [34].

Infelizmente, o formato aECG foi criado para armazenar dados de ECG relacionados com ensaios clínicos de medicamentos, como tal, o modelo XML define certos elementos que apenas se referem a ensaios clínicos e à indústria farmacêutica. Assim, esses elementos tornam-se ambíguos no armazenamento de dados ECG fora do domínio da FDA. Apesar disso, de acordo com Brown et al., “a norma é bastante flexível e capaz de acomodar utilizações adicionais” [35].

Outros formatos

Até agora a solução de normalização não foi alcançada, apesar das diferentes iniciativas para se potenciar a interoperabilidade para a troca e armazenamento de sinais ECG, existindo ainda uma grande variedade de formatos completamente distintos.

Outros dois formatos implementados em XML foram o ecgML e o XML-ECG. O aECG HL7 foi um dos primeiros formatos implementados com sucesso em XML. No entanto, o formato aECG foi desenvolvido especificamente para ensaios clínicos e medições específicas

do ECG. Em função disso, em 2003 foi desenvolvido na Universidade de Ulster um formato XML mais geral designado de ecgXML (“*Electrocardiogram Markup Language*”). Contudo, este carece de ferramentas em código aberto para demonstrar as suas características.

Mais recentemente, em 2007, foi criado outro formato XML com o nome XML-ECG. Este foi criado após revistos os padrões existentes que de acordo com Lu et al. “*o padrão aECG herdou do HL7 uma estrutura de dados complexa e o ecgML é imaturo*” [35].

Em suma, o formato SCP-ECG e o aECG HL7 são os mais disseminados e potenciais vencedores numa normalização alargada. Contudo, os fabricantes líderes de mercado (Mortara, Philips, etc) ainda tendem a preferir uma solução proprietária, impedindo uma eventual normalização que fornecesse a tão desejada interoperabilidade.

Como o fabricante Mortara é um dos maiores fabricantes de mercado, deste tipo de dispositivos, é o seu formato XML optado para utilização nesta dissertação.

Capítulo 5

Conceptualização da plataforma

Neste capítulo são abordados todos os processos e entidades envolvidos na implementação de um visualizador de electrocardiogramas para a plataforma Android. Para tal, é apresentada uma proposta de arquitectura e descritos os processos e funções que todos os actores envolvidos necessitam de realizar para garantir um pleno funcionamento de todo este sistema.

5.1 Objectivos

A aplicação desenvolvida tem como objectivo implementar um visualizador de electrocardiogramas para smartphones com ambiente operacional Android. Esta ferramenta tem como ambição fornecer aos cardiologistas uma nova forma móvel de efectuarem diagnósticos com maior rapidez, diminuindo o tempo de resposta em casos de urgência ou permitindo uma melhor qualidade de vida no acesso à saúde pública a zonas isoladas geograficamente.

Para tal, esta aplicação deve conseguir importar um ECG proveniente dos equipamentos de aquisição destes sinais vitais (i.e. electrocardiógrafos) em formato XML para, através de uma interface gráfica, fornecer uma correcta visualização e interpretação automática dos dados.

5.2 Arquitectura

O trabalho desenvolvido possui um módulo fundamental, o sistema de visualização de electrocardiogramas. Este utiliza como sistema operativo o Android e como linguagem de programação Java com bibliotecas desenvolvidas pela Google para o controlo do dispositivo. Esta aplicação/ferramenta é do uso exclusivo dos médicos cardiologistas.

O outro módulo inerente a este trabalho advém da parte da instituição de saúde que procede à captura dos sinais vitais para posterior envio ao cardiologista. Esta troca de dados de envio e recepção de exames ECG proceder-se-á por meio de utilização de email. Com este

recurso de troca de dados, assegura-se toda a simplicidade, segurança e confidencialidade que esta ferramenta robusta possui.

Através da figura 5.1, mostra-se o funcionamento global a que esta arquitectura deverá assemelhar-se.

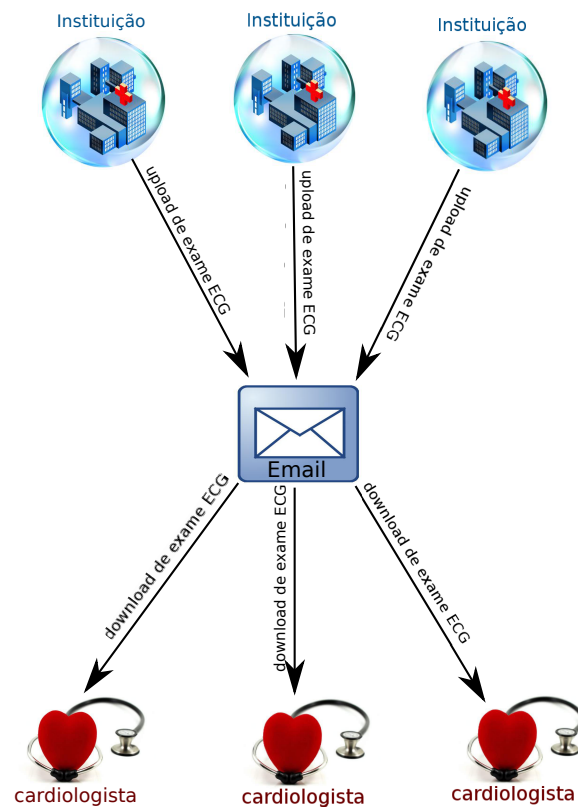


Figura 5.1: Funcionamento global

5.3 Actores

Para o funcionamento global deste sistema, é necessário a interacção de dois actores, o técnico da instituição de saúde e o médico cardiologista. A eficácia da rápida interacção entre os dois vai permitir o sucesso desta aplicação com todos os seus possíveis benefícios como é o caso da diminuição do tempo de resposta em caso de urgência. Cada um deles possui um papel muito importante, já que sem eles esta aplicação não seria uma mais-valia.

Técnico da instituição de saúde: Este actor tem o papel de realizar a aquisição dos sinais vitais retratados num electrocardiograma. Será dele a inteira responsabilidade da fiabilidade destes dados para que estes possam chegar com qualidade mínima ao cardiologista. Destina-

se também a ele a tarefa de envio dos sinais ECG em formato XML para o email do médico cardiologista como nos retrata a figura 5.1.

Médico cardiologista: Ao cardiologista cabe-lhe o papel de leitura, análise e interpretação dos dados através do visualizador de electrocardiogramas desenvolvido nesta dissertação. Visualizador que disponibiliza várias ferramentas, que auxilia o médico, permitindo-lhe efectuar uma interpretação e diagnóstico.

5.3.1 Descrição dos Casos de Utilização

Será feita a descrição dos casos de utilização para o actor médico cardiologista. Não se pretende assim negligenciar o papel importante que o actor técnico da instituição possui para todo o funcionamento do sistema, mas sim representar os casos de utilização mais importantes do actor para o qual esta aplicação foi produzida. Estes casos de utilização, que o médico cardiologista pode invocar, estão representados na figura 5.2.

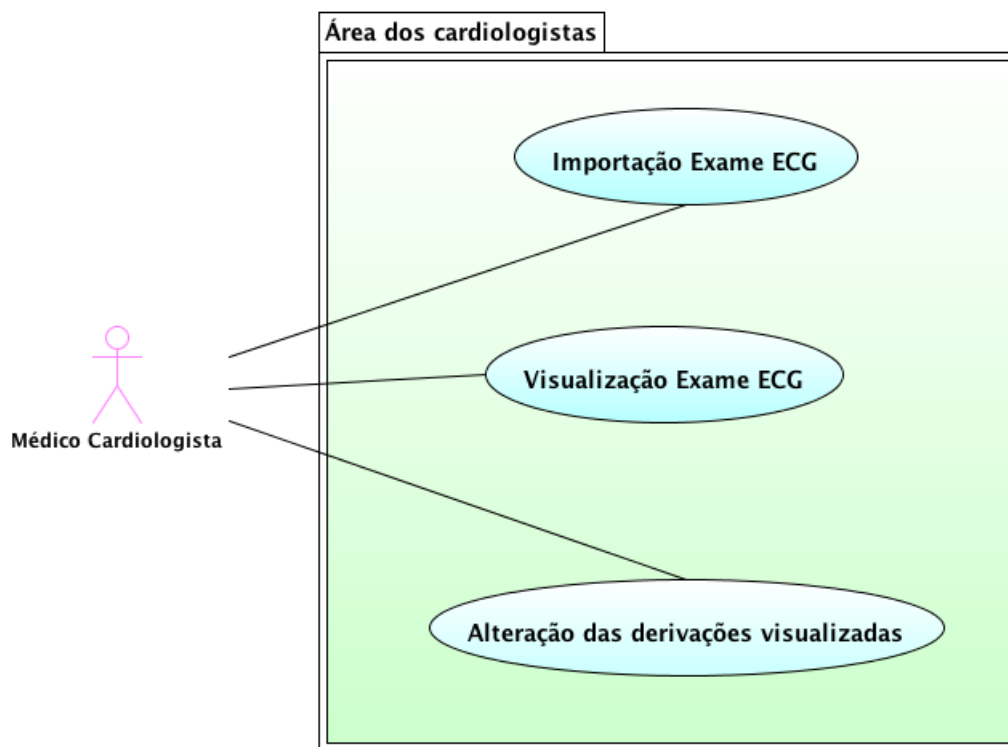


Figura 5.2: Diagrama dos casos de utilização da Área dos Médicos Cardiologistas

Para estes três casos de utilização (importação do exame ECG, visualização do exame ECG

e alteração das derivações visualizadas) utilizou-se, uma tabela e uma figura com o diagrama de actividades para uma descrição detalhada.

CaU1. Importação do Exame ECG

A tabela 5.1 descreve o caso de utilização “Importação do exame ECG”.

Nome	CaU1. Importação do Exame ECG
Âmbito:	Visualizador de ECG para plataforma Android.
Finalidade:	Realizar a importação do exame ECG para análise.
Actores:	Médico Cardiologista
Pré-condições:	Existem exames ECG no email do cardiologista Cardiologista efectuou o download desses exames para o dispositivo
Sequência típica dos eventos:	1. O cardiologista coloca a aplicação em execução. 2. O sistema apresenta um <i>file browser</i> para pesquisa do exame. 3. O cardiologista selecciona o exame ECG pretendido. 4. O sistema verifica o exame escolhido. 5. O sistema efectua o parsing dos dados.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	O cardiologista tem a aplicação instalada no seu smartphone, com o email activo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 5.1: Descrição do caso de utilização “Importação do exame ECG”

A figura 5.3 representa o diagrama de actividades do caso de utilização “Importação do Exame ECG”.

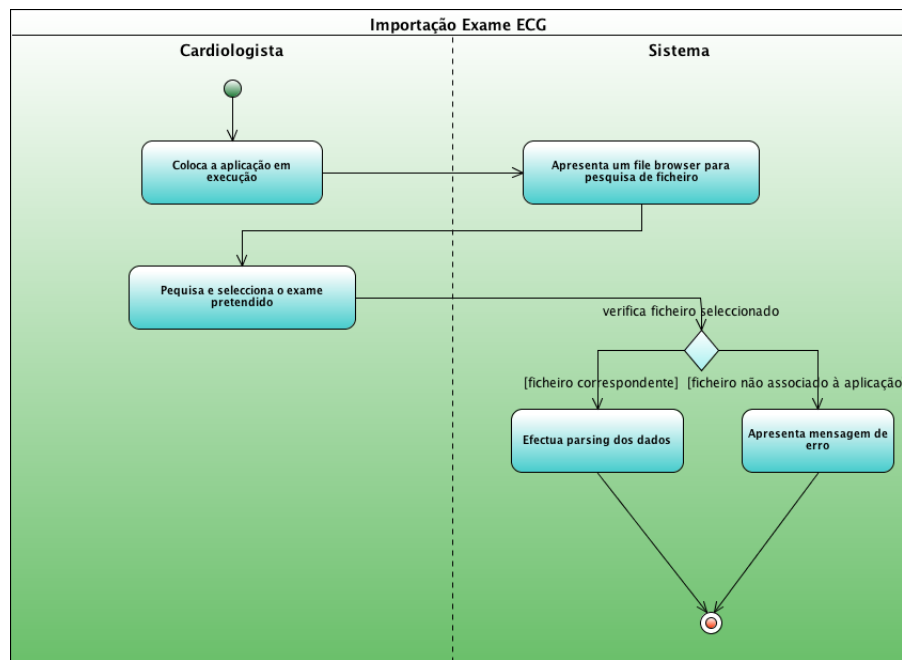


Figura 5.3: Diagrama de actividades do caso de utilização “Importação Exame ECG”

CaU2. Visualização do Exame ECG

A tabela 5.2 descreve detalhadamente o caso de utilização “Visualização do Exame ECG”.

Nome	CaU2. Visualização do Exame ECG
Âmbito:	Visualizador de ECG para plataforma Android.
Finalidade:	Visualizar o exame ECG descarregado do email.
Actores:	Médico Cardiologista
Pré-condições:	Existem exames ECG no email do cardiologista Cardiologista efectuou o download desses exames para o dispositivo
Sequência típica dos eventos:	1. O cardiologista coloca a aplicação em execução. 2. O sistema apresenta um <i>file browser</i> para pesquisa do exame. 3. O cardiologista selecciona o exame ECG pretendido. 4. O sistema verifica o exame escolhido. 5. O sistema efectua o parsing dos dados. 6. O sistema efectua a descodificação dos dados.

	7. O cardiologista visualiza o exame ECG utilizando as várias ferramentas disponíveis para análise.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	O cardiologista tem a aplicação instalada no seu smartphone, com o email activo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 5.2: Descrição do caso de utilização “Visualização do exame ECG”

A figura 5.4 representa o diagrama de actividades do caso de utilização “Visualização do Exame ECG”.

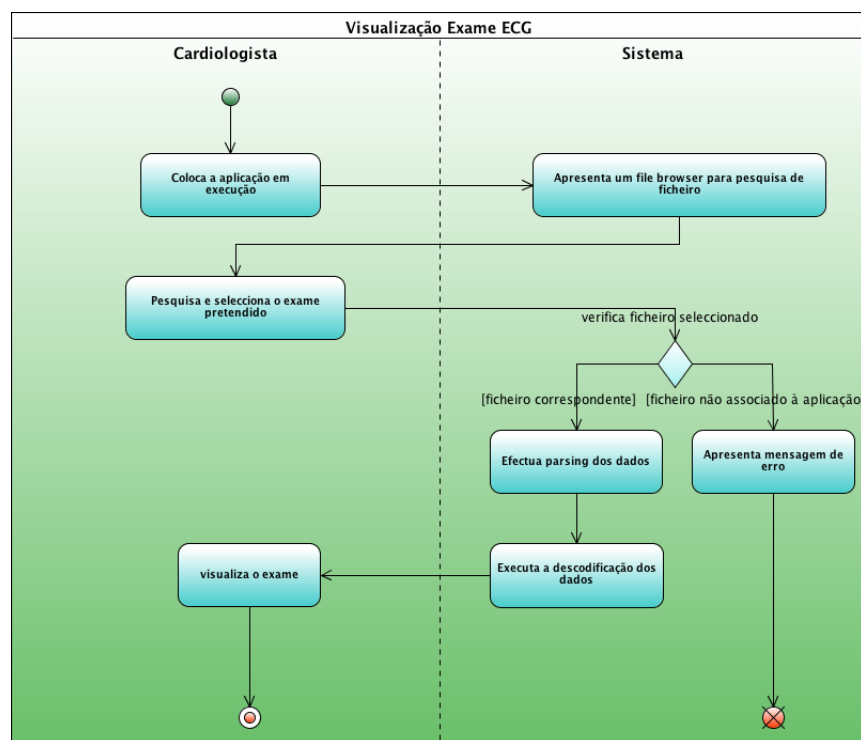


Figura 5.4: Diagrama de actividades do caso de utilização “Visualização Exame ECG”

CaU3. Alteração das derivações visualizadas

A tabela 5.3 descreve detalhadamente o caso de utilização “Alteração das derivações visualizadas”.

Nome	CaU3. Alteração das derivações visualizadas
mbito:	Visualizador de ECG para plataforma Android.
Finalidade:	Realizar a alteração das derivações para análise.
Actores:	Médico Cardiologista
Pr-condições:	Existem exames ECG no email do cardiologista Cardiologista efectuou o download desses exames para o dispositivo
Sequência típica dos eventos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. O cardiologista coloca a aplicação em execução. 2. O sistema apresenta um <i>file browser</i> para pesquisa do exame. 3. O cardiologista selecciona o exame ECG pretendido. 4. O sistema verifica o exame escolhido. 5. O sistema efectua o parsing dos dados. 6. O sistema efectua a decodificação dos dados. 7. O cardiologista visualiza o exame ECG. 8. O cardiologista selecciona o botão que permite alterar as derivações apresentadas. 9. O sistema apresenta um menu para escolha das derivações. 10. O cardiologista selecciona as derivações pretendidas. 11. O sistema regista na base de dados a selecção. 12. O sistema carrega para o visualizador as derivações escolhidas.
Sequências alternativas e extensões:	Inexistentes.
Requisitos especiais:	O cardiologista tem a aplicação instalada no seu smartphone, com o email activo.
Aspectos em aberto:	Inexistentes.

Tabela 5.3: Descrição do caso de utilização “Alteração das derivações visualizadas”

A figura 5.5 representa o diagrama de actividades do caso de utilização “Alteração das derivações visualizadas”.

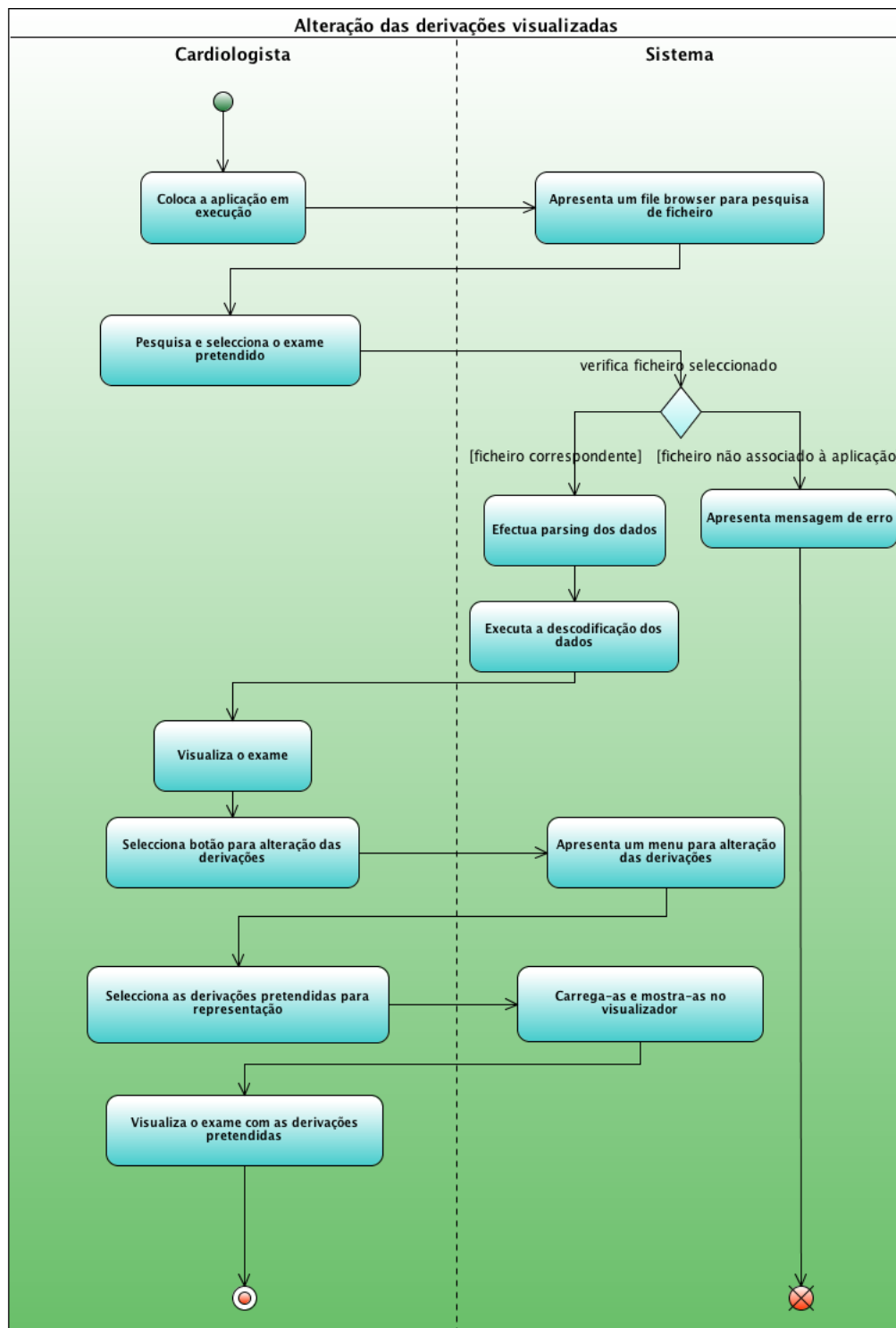


Figura 5.5: Diagrama de actividades do caso de utilização “Alteração das derivações visualizadas”

5.3.2  reas de decisão

Para melhor compreensão das áreas de decisão foram criados dois fluxogramas. Esses fluxogramas são partes integrantes de dois casos de utiliza o, ilustrando os passos necessários para garantir o correcto funcionamento da aplica o.

O primeiro fluxograma, representado na figura 5.6, demonstra a área de decisão, do processo de importa o do exame, ao qual o sistema deve estar preparado.

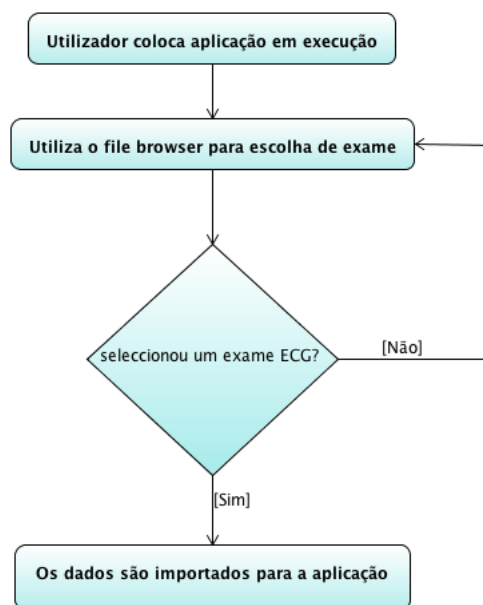


Figura 5.6: Fluxograma do processo Importa o do exame ECG

Através dum *file browser*, um utilizador pode tentar abrir um ficheiro de qualquer tipo, não correspondente com a aplica o. Como a aplica o são está dotada para a leitura de exames ECG, ocorreria um erro. Para tal, a aplica o produz uma mensagem de erro, redireccionando o utilizador outra vez para o *file browser*, para este seleccionar um ficheiro suportado pelo visualizador. Caso este escolha um exame com formato suportado, a aplica o encarrega-se de decodificar e importar os dados principais (dados do paciente, dados técnicos, dados das 12 derivações, etc.) para a sua representa o interna.

O segundo fluxograma ilustra as duas opções que o utilizador (médico cardiologista) pode optar, a seguir ao momento de escolha de derivações. Este momento está representado na

figura 5.7.

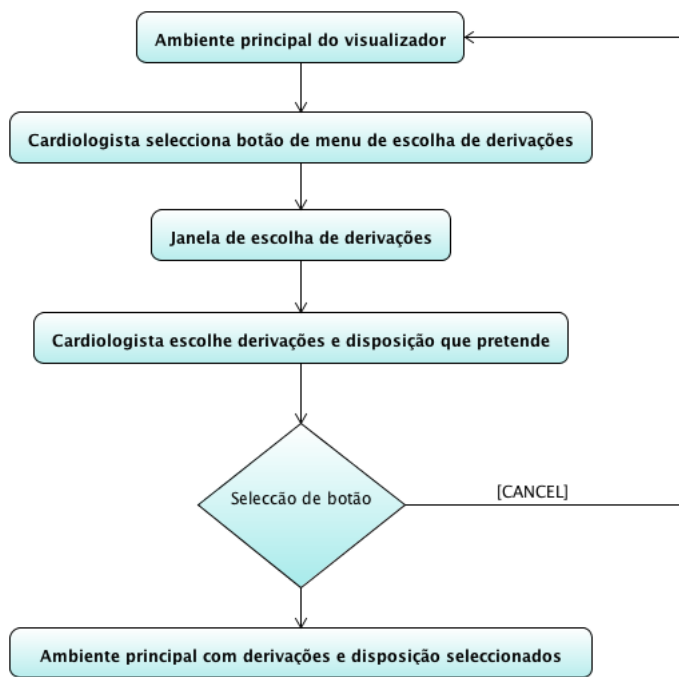


Figura 5.7: Fluxograma do processo de submissão de alterações das derivações

Através do menu de escolha de curvas, ao qual o utilizador terá acesso no ambiente principal com recurso a um botão disponibilizado para o efeito, este tem possibilidade de escolher as derivações que pretende ver representadas e a sua disposição no ecrã. A partir do momento da escolha, para que as alterações se efectuem, este terá que premir o botão “OK”, voltando a aplicação para o ambiente principal e exibindo as curvas seleccionadas pelo cardiologista. Caso o cardiologista, após escolha de derivações, não pretenda que as alterações obtenham efeito, terá que simplesmente seleccionar o botão “CANCEL”. Este redireccionará a aplicação para o seu ambiente principal, recuperando as derivações previamente exibidas.

5.4 Especificidades da aplicação

A figura 5.8 mostra os vários sectores que existem na aplicação até ao seu *display*.

Como referido anteriormente, os dados provenientes das instituições médicas chegam ao lado do cardiologista como ficheiros XML. A aplicação construída efectua um *parsing* desse ficheiro, extraindo todos os principais dados do exame ECG, como os sinais vitais (curvas) que se encontram codificadas em base 64. Antes da sua utilização, a aplicação necessita de

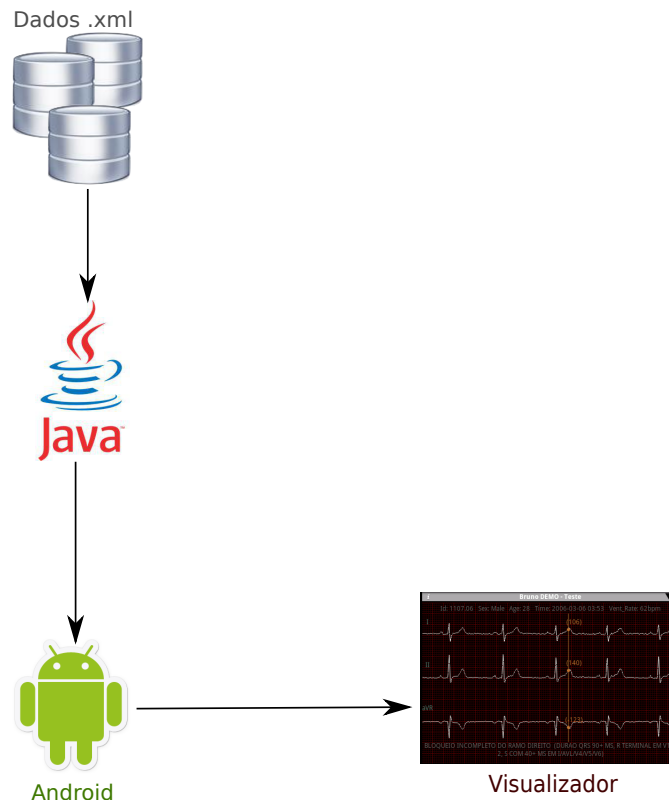


Figura 5.8: Estrutura da aplicação

efectuar uma decodificação dos sinais vitais. Se estes se apresentarem íntegros, a aplicação guarda-os na sua representação interna.

A aplicação está desenvolvida na linguagem Java. Mas esta, ao contrário de outras aplicações Java, utiliza as bibliotecas desenvolvidas pela Google que controlam os dispositivos com a tecnologia (sistema operativo) Android. A aplicação permite a visualização de electrocardiogramas de 12 variações, dispondo de várias ferramentas e opes que facilitam a sua interpretação uma vez que os dispositivos em causa são de tamanho reduzido. Opes e ferramentas tais como a selecção variada deste tipo de sinais, aumento de escala, leitura de valores gráficos, entre outros. Está também dotada de certos artefactos para poder tirar proveito do *touchscreen* que se utiliza neste tipo de tecnologia.

5.4.1 Arquitectura da aplicação

A arquitectura da aplicação segue o modelo de padrão conceptual “Model-View-Controller”, muito utilizado em engenharia de software.

Este modelo tem como doutrina a separação do domínio lógico da interface do utilizador, permitindo um desenvolvimento independente. Ao utilizar-se este padrão de arquitectura, a

aplicação tornou-se fácil de gerir e de modificar, assegurando a sua consistência e fiabilidade.

Como nos mostra a figura 5.9, este modelo provém da decomposição do sistema aplicacional em três componentes, o modelo, a vista e o controlador.

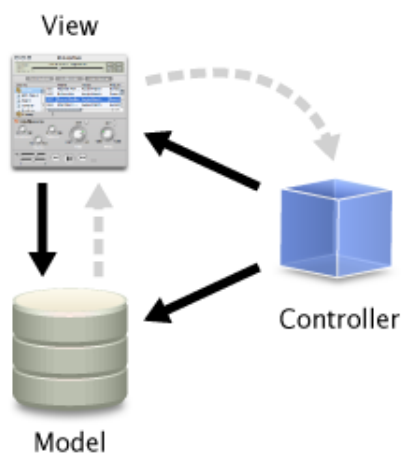


Figura 5.9: Conceito Model-View-Controller

Modelo: O modelo é usado para gerir a informação. Neste trabalho, esta componente foi responsável pelo tratamento dos dados provenientes dos sinais ECG, adquiridos do ficheiro XML. É dele a incumbência de descodificação dos dados e de sua salvaguarda.

Vista: A vista tem o papel de tornar o modelo (os dados) “adequado” para uma possível interacção com o utilizador. Geralmente esta é uma interface gráfica de utilizador.

No nosso caso destinou-se à vista o papel de representação dos dados disponibilizados pelo modelo. Esta utiliza-os mostrando-os ao utilizador de uma forma gráfica e interactiva, auxiliando o médico cardiologista na interpretação dos dados. Neste trabalho existem várias vistas para o mesmo modelo.

Controlador: O controlador tem a responsabilidade, através da interacção do utilizador com a vista, alterar a forma como mostra os dados ou mesmo modificar todos os dados apresentados.

No nosso caso, o médico cardiologista possui na interface gráfica várias opções para visionamento dos dados, isto é, várias vistas que pode escolher. Ele, através de menus ou “botões” disponibilizados, pode efectuar “pedidos” ao controlador, que lhe permitem mudar a representação gráfica para a vista desejada.

Capítulo 6

Implementação do Visualizador e Resultados

Neste capítulo são abordados todos os aspectos relativos à implementação e desenvolvimento do visualizador de electrocardiogramas, construído para a plataforma Android.

O visualizador foi construído para uma rápida e eficiente comunicação entre as entidades instituição médica e médico cardiologista. Esta ferramenta permite dotar o médico cardiologista de um recurso móvel para análise e interpretação de electrocardiogramas.

São descritas também todas as ferramentas e características implementadas neste visualizador que permitem que este seja considerado uma mais valia para um diagnóstico médico.

6.1 Arquitectura funcional

A aplicação está desenvolvida na linguagem Java e utiliza as bibliotecas fornecidas pela Google para sistemas operativos Android. A interacção entre a aplicação e sistema operativo, e vice-versa, torna-se essencial para se usufruir de todas as potencialidades do dispositivo.

A figura 6.1 ilustra o funcionamento global de toda a arquitectura inerente a este trabalho, focando a interacção entre os componentes aplicação e sistema operativo.

A funcionalidade *touchscreen* foi preponderante na realização da aplicação. Sem a sua utilização, o visualizador de electrocardiogramas, certamente estaria condenado ao insucesso.

Na figura, o primeiro bloco horizontal demonstra a interacção entre a interface gráfica, sistema operativo e aplicação. O utilizador, ao tocar na tela do visualizador, é detectado pelo sistema operativo. O sistema operativo, após essa detecção, lança um evento para todas as aplicações que na sua implementação o informam que pretendem recebê-lo, como é o caso da nossa aplicação. A aplicação fica então “à escuta” dum evento e, logo que o captura, é utilizado consoante a informação contida no evento. É utilizada pela aplicação três tipos de eventos:

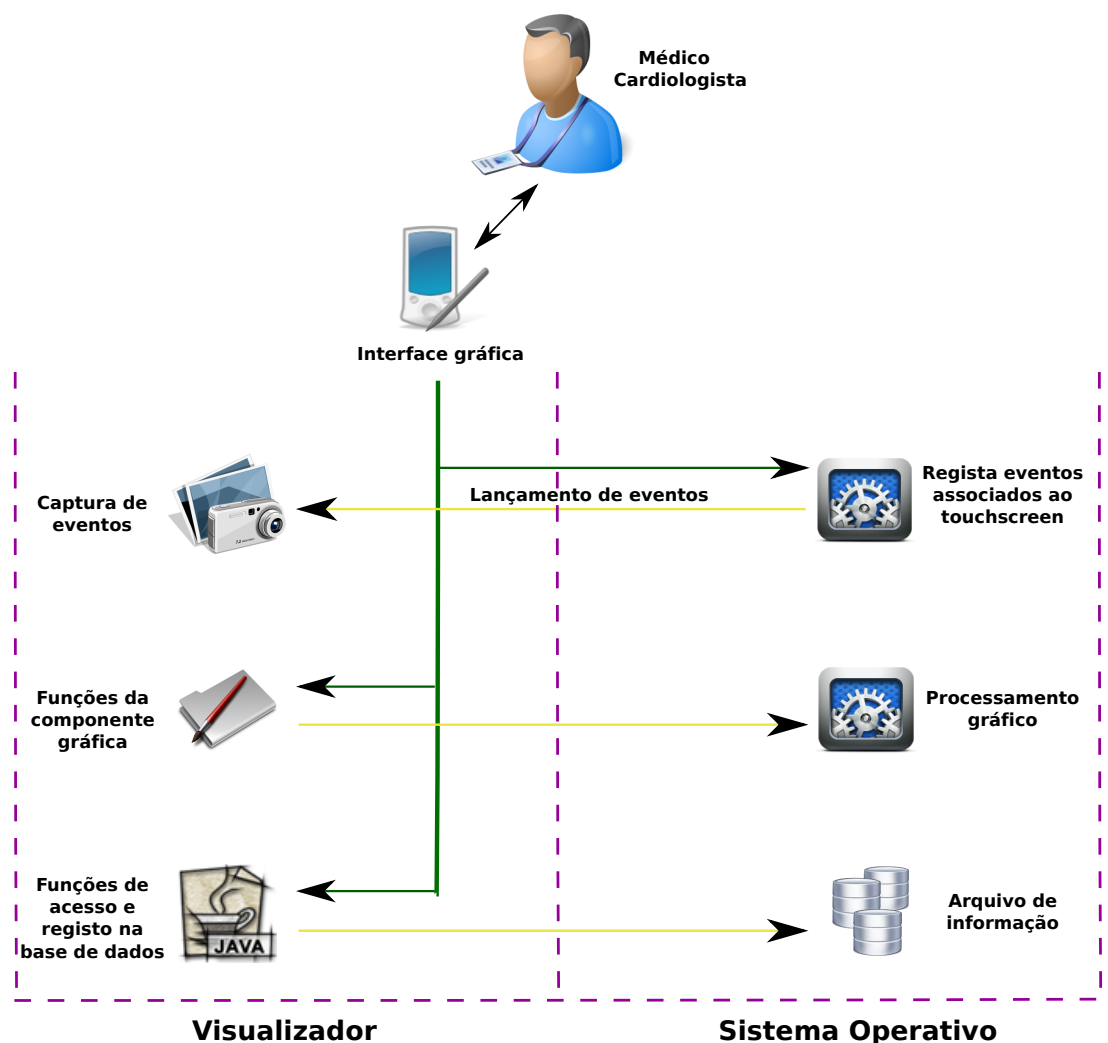


Figura 6.1: Interação entre a aplicação e o sistema operativo Android

“ACTION_DOWN”, “ACTION_UP” e “ACTION_MOVE”. O evento “ACTION_DOWN” é utilizado para mover linha vertical de leitura dos valores da derivação, para o ponto onde se toca no ecrã (linha vertical explicada mais à frente). O evento “ACTION_UP” para animação e deslocamento das curvas, como também para selecção de botões colocados no visualizador. E o evento “ACTION_MOVE” para deslocamento contínuo das derivações ou da linha vertical de leitura de valores, seguindo o deslocamento do dedo.

O segundo bloco horizontal, ilustrado pela figura, mostra a interacção entre aplicação e sistema operativo para a representação gráfica. Esta representação é assegurada por uma rotina que está em contínua comunicação com a camada de processamento gráfico do sistema operativo.

O Android providencia várias opções para registo de dados. A escolha duma opção está

inteiramente ligada às necessidades específicas do programador. A solução escolhida e que mais se adequava  aplicação para o armazenamento de dados, passou pela utilização de uma memória associativa via classe “SharedPreferences”, pois fornece uma *framework* genérica que permite gravar e recuperar pares de valores persistentes. A sua utilização permite assim gravar preferências do utilizador, não necessitando este de voltar a repeti-las numa futura utilização ou após nova reabertura da aplicação.

6.2 Importação e tratamento de dados

Para o uso correcto deste visualizador, foi necessário implementar soluções para a transferência dos dados registados pelo electrocard grafo, para a importação destes para a aplicação, para a decodificação dos mesmos e para a sua utilização no visualizador.

Neste subcapítulo serão descritas as soluções encontradas para um funcionamento correcto de toda a aplicação.

6.2.1 Download do exame ECG

Após uma correcta aquisição dos sinais vitais (ECG), na instituição médica, estes so enviados para a conta correio (email) do médico cardiologista.

Para importação e abertura deste tipo de ficheiros, a aplicação fornece um navegador de ficheiros para procura e selecção como nos mostra a figura 6.2.

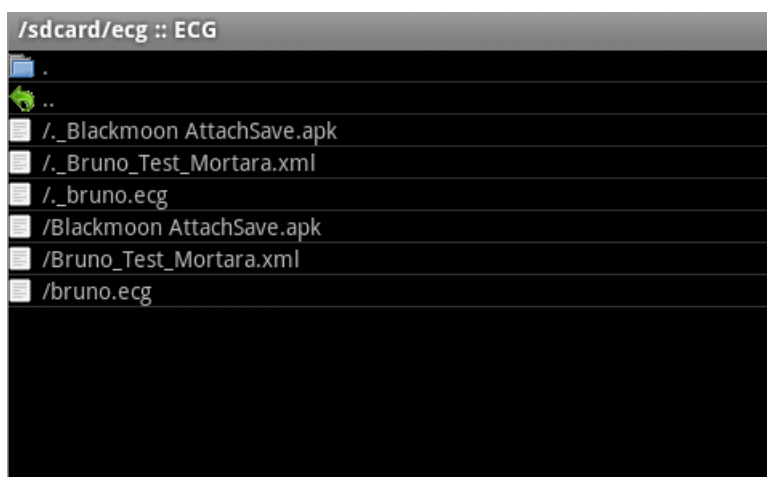


Figura 6.2: Sistema de procura de ficheiros do visualizador

Com esta opção pretende-se obter grande aceitação por parte dos médicos devido ao cariz intuitivo. Representa a opção normal de abertura de ficheiros a que todos estamos normalmente familiarizados. Com ele o médico cardiologista pode, quando pretender, seleccioná-lo

no ambiente principal da aplicação, sem que para isso necessite de recorrer novamente ao encerramento e abertura da aplicação, para importação de um novo exame ECG de outro paciente.

6.2.2 Parsing de dados

Uma vez obtido, referenciado e importado o ficheiro de dados correspondente ao exame ECG, a aplicação realiza, de uma forma automatizada, o *parsing* de todos os dados de informação necessários para a correcta análise e interpretação por parte do médico cardiologista.

O *parser* desenvolvido para o efeito, suporta apenas os ficheiros XML obtidos pelos electrocardiógrafos do fabricante Mortara. Contudo, pode ser facilmente adaptado para os formatos de outros tipos de fabricantes.

O *parsing* dos dados, foi conseguido através de uma leitura sequencial do ficheiro XML, salvaguardando os dados necessários na representação interna da aplicação. Para realizar o *parsing* foi utilizado o SAX-Parser (*Simple API for XML*) que nos fornece mecanismos de leitura de dados de um documento XML. Para tal, implementou-se a classe “ECGHandler” que estende um “org.xml.sax.helpers.DefaultHandler” para nos permitir tal opção.

De seguida serão apresentados os principais dados extraídos do exame ECG para a nossa aplicação, demonstrando a implementação efectuada para o efeito, com pequenos excertos representativos da estrutura de dados de um exame ECG.

Data e hora de aquisição do exame e frequência do batimento cardíaco

A figura 6.3 demonstra como a data e hora de aquisição do exame e a frequência do batimento cardíaco são disponibilizados pelo ficheiro XML.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE ECG SYSTEM "mortara.dtd">
<!-- Generated by Mortara ELI Link 2.10 -->
<!-- Mortara Instrument, Inc. -->
<!-- Server Name - Unknown -->
<ECG
  ACQUISITION_TIME="20060306035353"
  ROOM=""
  LOCATION=""
  COMMENT=""
  AGE="28"
  AGE_UNITS="Y"
  HEIGHT="179"
  HEIGHT_UNITS="C"
  WEIGHT="67"
  WEIGHT_UNITS="K"
  NUM_QRS="10"
  AVERAGE_RR="961"
  VENT_RATE="62"
  SEQUENCE_NUMBER="13"
>
```

Figura 6.3: Representação da data e hora de aquisição e frequência do batimento cardíaco no exame ECG em XML

Os ficheiros XML são “sub-divididos” por *TAGS* que contêm certo tipo de informação. Através destas *TAGS* torna-se possível uma leitura de dados pela aplicação.

Como se verifica na figura, o ano, mês, dia, hora, minutos e segundos encontram-se juntos. Como tal, procedeu-se a uma extracção, para a representação interna, de cada parte da data e da hora.

Outro dado obtido foi a frequência do batimento cardíaco que se encontra disponível a seguir à *TAG VENT_RATE*.

Dados do paciente e identificação

A figura 6.4 demonstra como os dados do paciente e identificação nos é disponibilizado pelo ficheiro XML.

```
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="1" LABEL="Name:" VALUE="Teste" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="7" LABEL="FName:&" VALUE="Bruno DEMO - " UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="2" LABEL="ID&ID:" VALUE="1107.06" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="3" LABEL="Age&yr" VALUE="28" UNITS="Y" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="9" LABEL="Height&in" VALUE="179" UNITS="C" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="10" LABEL="Weight&lb" VALUE="67" UNITS="K" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="4" LABEL="Sex" VALUE="Male" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="5" LABEL="Race" VALUE="Unknown" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="6" LABEL="Med1&meds:" VALUE="" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="6" LABEL="Med2" VALUE="" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="14" LABEL="Loc&Location:" VALUE="" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="15" LABEL="Room&Room:" VALUE="" UNITS="" />
<DEMOGRAPHIC_FIELD ID="17" LABEL="Comment&Comment:" VALUE="" UNITS="" />
```

Figura 6.4: Representação dos dados do paciente e sua identificação no exame ECG em XML

Para o parsing dos dados nome, id, idade e sexo foi identificado o que todos possuíam em comum, nomeadamente o *TAG* “*DEMOGRAPHIC_FIELD*”. Contudo, a chave de sucesso, para a possível obtenção destes dados, foi o *TAG* “*ID*” que era representado por valores inteiros sem sinal. Aproveitando esse facto, construiu-se uma instrução de decisão múltipla, que obtém em cada posição cada um desses dados através da *TAG* “*VALUE*”.

Interpretação automática

A figura 6.5 demonstra como a interpretação automática do exame ECG nos é disponibilizado pelo ficheiro xml.

Basicamente, a extracção dos dados da interpretação automática acontece nos mesmos moldes da dos dados do paciente e identificação, anteriormente explicado. A única diferença está no nome dos *TAGS*. Aqui também se construiu uma instrução de decisão múltipla, para obtenção dos diferentes dados da interpretação automática.

```
<AUTOMATIC_INTERPRETATION>
  <STATEMENT
    STATEMENT_NUMBER="1"
    TEXT="RITMO SINUSAL"
    REASON=""
  />
  <STATEMENT
    STATEMENT_NUMBER="2"
    TEXT="BLOQUEIO INCOMPLETO DO RAMO DIREITO "
    REASON="DURAO QRS 90+ MS, R TERMINAL EM V1/V2, S COM 40+ MS EM I/AVL/V4/V5/V6"
  />
  <STATEMENT
    STATEMENT_NUMBER="3"
    TEXT="ECG DENTRO DE LIMITES NORMAIS"
    REASON=""
  />
  <STATEMENT
    STATEMENT_NUMBER="4"
    TEXT=""
    REASON=""
  />
  <STATEMENT
    STATEMENT_NUMBER="5"
    TEXT="No Confirmado"
    REASON=""
  />
</AUTOMATIC_INTERPRETATION>
```

Figura 6.5: Representação da interpretação automática do exame ECG em XML

Dados técnicos

A figura 6.6 retrata a parte do ficheiro XML que nos disponibiliza os dados técnicos do exame ECG.

```
<TYPICAL_CYCLE
  R_PEAK="500"
  P_ONSET="-211"
  P_OFFSET="-124"
  Q_ONSET="-46"
  Q_OFFSET="58"
  T_OFFSET="327"
  P_DURATION="87"
  PR_DURATION="165"
  QRS_DURATION="104"
  QT="373"
  QTC="378"
  QTCB="380"
  QTCF="377"
  P_AXIS="44"
  QRS_AXIS="84"
  T_AXIS="51"
  BITS="16"
  FORMAT="SIGNED"
  UNITS_PER_MV="400"
  DURATION="1200"
  SAMPLE_FREQ="1000"
  ENCODING="BASE64"
>
```

Figura 6.6: Representação dos dados técnicos no exame ECG em XML

Situados dentro da TAG “TYPICAL_CYCLE”, os dados que se achou importante retirar foram: duração PR, duração QRS, eixos P, QRS e T.

Dados das 12 derivações necessários para a representação gráfica

A figura 6.7 exibe parte dos dados referentes à derivação I no ficheiro XML. S pode ser exibida parte devido à extensão dos dados, que não são mais do que pontos que formam a curva mencionada.

```

/>
</TYPICAL_CYCLE>
<CHANNEL
  OFFSET="0"
  BITS="16"
  FORMAT="SIGNED"
  UNITS_PER_MV="400"
  DURATION="10000"
  SAMPLE_FREQ="1000"
  NAME="I"
  ENCODING="BASE64"
  DATA="HQAQACQAKAAoACgAIgAbACAAJQAKACMAIAAeABsAIAAeAB4AGAAZABwAHgAj
ACA AHgAeABgAFgAbABsAHgAgACA AHgAbAB4AHgAeABwAGQAYABYAFwAgACUA
JQA LACoAJwAgAB4AHgAWABEAGAAWABoAGwAaABsAHgAoABoAFgAVABQAEwAU
ABMAFAAWABQAEAAUABsAGwAcACMAJQAjAB8AHgAeABsAHwAjACMAIAAdABkA
GgAbAB4AHgAbABsAHgAbABoAFAAWABQAGwAgAB8AGwAeABYAGQAbABsAGwAe
ACAAIAAgACMAIwAoACgAJgAvACKAIwAFABsAGwAeABsAGQAXABkAFQARABEA
EQASABkAGgAZABcAFgAUABEAFgAZABUAFgAaABsAIAAeABwAHgAdAB4AGgAZ
AB4AIAAgACMAHgAZABYAGQAaAB4AHQAbABoAGwAFAB4AIAgABkAGwAFABsA
HgAbABoAIwAKACMAGwAUABAAFAAaACgAIAAZABABwAIAAoACQAMABkAGwAh
ACUAKAALACMAJQAoACgAKQAqAC0AKgAKACMAJQAqACQAIwAbABYAFQAUABQA
FAAXABsAGgAWABgAGQAbABkAGAAZAB8AJQAqACgAIwAeAB4AHgAaABkAHAAb
ABgAEQATABEAfWAbABoAGQAbABkAHwAjACAAIAAbABYAFgAWABkAHgAgACAA
GQARABUAFAAUABYIAAIAjABgAFgAXABYAGAAZABwAIwAFACAAIwAjAB0AFAA0
AAoAEgAUABkAGwAbACAAJQA LACMAHgAaAB4AHwAeACMAIAAZABYAFAAZAB0A
GwAWABEAeWABwAIwAFAB4AHgAeACAAIAAeAB4AJAA LACKAKgAuAC0AKwAq
ACsAlwAqAC8AMAAtACQAJQA tAC8AMwA5AD4A0QAyADIAMwAyACwAMgA3ADcA

```

Figura 6.7: Representação de parte da derivação I no exame ECG em XML

As derivações, isto é, o sinal vital, é exportado para XML com codificação BASE64, ocupando cada ponto 2 caracteres (16 bits) com sinal. Todas as derivações, obtidos pelos electrocardiógrafos do fabricante Mortara, estão assim representadas em ficheiros XML.

Após a realização do *parsing* dos dados de cada derivação,  necessário a realização de um pós-processamento, visto estes dados se encontrarem codificados em base64. Para tal, foi utilizado um *package* inserido no projecto Apache com a designação de Commons. Pacote esse com o nome de Codec, que garante uma correcta descodificação de base64 para valores de sinal inteiro. Findo esse processo, como a descodificação dava valores descodificados de oito bits, foi necessário implementar uma solução de agregação de cada dois valores num de 16 para nos fornecer o ponto correcto.

Terminado o pós-processamento dos dados de cada derivação, foi possível utilizar os dados obtidos para uma representação gráfica de cada curva (derivação).

6.2.3 Representação gráfica

Após obtenção com sucesso dos dados necessários para a representação gráfica, o objectivo passou por se tentar garantir uma representação semelhante da que os cardiologistas estão

familiarizados. Este requisito foi possível através da construção de uma espécie de papel milimétrico, sobre o qual as derivações são dispostas e escaladas espacialmente, de acordo com as medidas *standard* (figura 6.8).

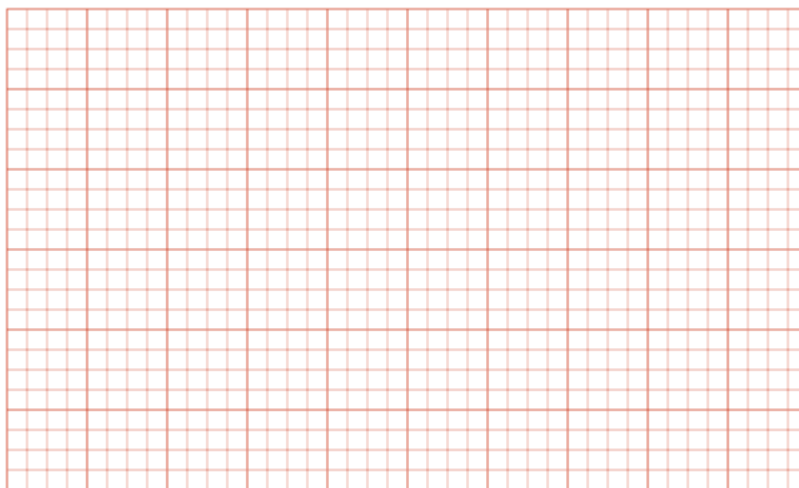


Figura 6.8: Grelha para representação dos sinais ECG

Estes quadrados representam, no eixo do Y a amplitude ou voltagem e no eixo do X o espaço de tempo.

Com recurso à classe Canvas, que pertence ao *package* do Android “graphics”, utilizou-se o método público “drawLine” para se efectuar o desenho das linhas verticais e horizontais que formam a grelha electrocardiográfica, com uma determinada cor e espessura. Desta forma, criou-se uma grelha semelhante ao papel milimétrico utilizada na representação deste tipo de sinais.

A representação dos sinais das 12 derivações foi uma das questões mais ponderadas na realização deste projecto. A questão do tamanho do dispositivo, a importância ou não da representação total de uma derivação e o tamanho mínimo possível de representação dos sinais para uma adequada interpretação por parte do cardiologista foram os aspectos considerados mais relevantes para a obtenção de um visualizador funcional. Tendo em conta todos os aspectos referenciados, optou-se pelo *display* de três derivações simultâneas, disponibilizando-se a opção de troca de derivações por quaisquer outras existentes num ECG de 12 derivações.

A tarefa de visualizar as três derivações simultaneamente com a grelha electrocardiográfica não foi trivial, necessitando-se de escalar e ajustar as derivações à grelha. Após análise e experimentações foi possível obter uma representação gráfica devidamente alinhada.

A aplicação permite ao cardiologista, sempre que queira, visualizar todo o sinal através da utilização do *touchscreen*, efectuando o *scrolling* com o dedo. Funcionalidade ao qual este

tipo de dispositivos m3veis nos v3m habituando.

6.3 Funcionalidades

Este visualizador vem dotado de v3rias caracter3sticas para promover um maior aux3lio ao m3dico cardiologista. Para colmatar o facto de se estar a trabalhar com um pequeno ecr3, foram criadas ferramentas e mecanismos para utilizar eficientemente todas as funcionalidades do dispositivo em fun3o da nossa aplica3o. Optou-se por uma interface humano-computador muito f3cil e intuitiva, para n3o criar d3vidas ao utilizador de como utilizar estas mesmas funcionalidades e sem atrasos na representa3o dos sinais vitais.

6.3.1 Touchscreen

Uma das ferramentas vitais para o sucesso de uma aplica3o Android, como para qualquer dispositivo deste tipo (smartphone), 3 o *touchscreen* (figura 6.9). Tal ferramenta garante uma interac3o intuitiva do m3dico cardiologista com o visualizador, recurso fundamental para facilitar a utiliza3o do vasto leque de op3es fornecidas pelo visualizador, promovendo uma correcta interpreta3o dos sinais vitais por parte do cardiologista.



Figura 6.9: Touchscreen em smartphones

O Android possibilita a utiliza3o do *touchscreen* em todas as aplica3es atrav3s do m3todo “onTouchEvent”, que captura qualquer “toque” (evento) que aconteça no ecr3 de um dispositivo com o sistema operativo Android. Assim sendo, desenvolveu-se uma s3rie de funcionalidades

que permitiu tornar o visualizador mais *user-friendly*, tais como, selecção de opções, selecção de menus, invocação do *file browser* e utilização do *scrolling* no ecrã para permitir o movimento das várias derivações representadas.

Seleccção de opções e menus

A selecção de opções, do *file Browser* e de menus na aplicação é efectuada pressionando o ecrã com a o posicionamento do dedo em cima do botão desejado. A aplicação efectua uma captura desse evento, através da posição de coordenadas seleccionada no ecrã, respondendo a esse “pedido” do utilizador.

Scrolling

Após alguma ponderação, a solução implementada para permitir visualizar, com resolução clínica, todo o gráfico das derivações representadas no ecrã, foi o *scrolling* (figura 6.10).

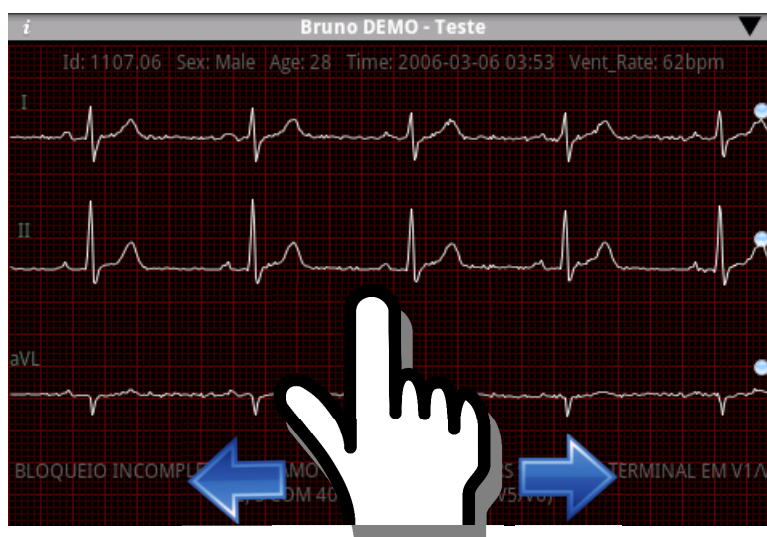


Figura 6.10: Utilização do touchscreen no visualizador

Deslocando o dedo horizontalmente, a aplicação trata de mover ao mesmo tempo as três derivações representadas no visualizador para o lado direccionado. Esta funcionalidade cria a sensação de acompanhamento contínuo de movimento entre dedo e curvas (derivações), permitindo ao cardiologista percorrer o sinal de forma intuitiva e com qualidade de diagnóstico.

Como se está a tratar de sinais longos, isto é, de dimensão temporal considerável que levaria a uma elevada demora na análise e deslocamento de sinais, implementou-se outra característica de carácter funcional. Esta, para além da funcionalidade descrita no parágrafo anterior, apresenta algumas particularidades. A diferença principal verifica-se no momento

que se retira o dedo. Quando o utilizador toca e arrasta o dedo, o sistema produz uma série de eventos de movimento que informam do quanto se moveu o dedo, ficando guardada apenas a última amplitude de movimento. Caso a amplitude do último movimento seja maior do que um limite mínimo predefinido é despoletado o deslocamento automatizado das curvas com uma velocidade proporcional à amplitude desse movimento. Essa velocidade, é a cada momento decrementada até ao momento de paragem, ou até ao momento que o utilizador assim o permita, pois tem a opção de parar esse deslocamento com um simples toque no ecrã.

Com esta duas funcionalidades para visualização integral dos sinais vitais ECG, dotou-se a aplicação com as características mais recentes a que os dispositivos móveis nos vêm habituando.

6.3.2 Menu de escolha de derivações

A aplicação está preparada para mostrar simultaneamente um máximo de três derivações, de um ECG de 12 derivações. Esta decisão está associada ao tamanho de ecrã que um dispositivo desta categoria possui. Qualquer outra decisão (colocação de mais de 3 derivações simultaneas), poderia inviabilizar uma correcta visualização destes sinais.

Para responder a este requisito, o visualizador possui um menu composto por três *spinners*. Estes, permitem que o médico cardiologista possa escolher, para cada uma das três posições, a curva (derivação) que deseja, para efeitos de interpretação e diagnóstico, como nos mostra a figura 6.11.

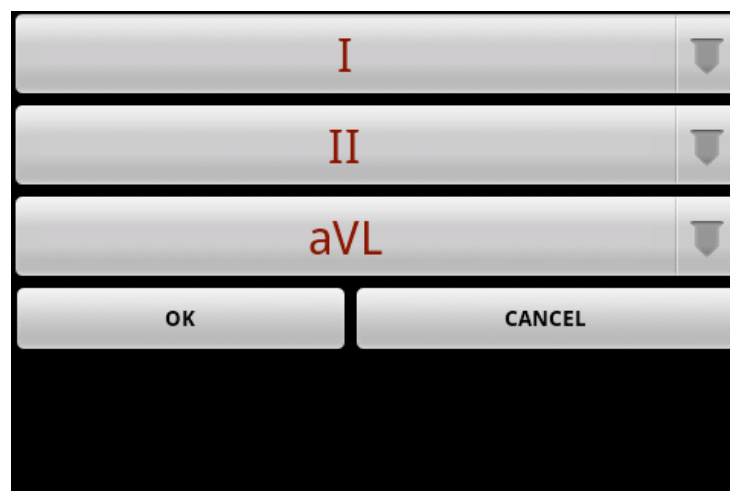


Figura 6.11: Menu de escolha de derivações

O cardiologista tem um menu de acesso rápido a esta parametrização, bastando seleccionar um botão que se encontra na vista principal, no canto superior esquerdo.

Seleccionando um dos três *spinners*, o visualizador mostra um modelo de selecção semelhante a uma *dropdown list* com as 12 possíveis escolhas de derivações. Como a lista de

derivações excede o espaço vertical disponível no ecrã, a aplicação disponibiliza um *scrolling* para o utilizador percorrer essa mesma lista e optar pela curva desejada, como nos mostra a figura 6.12.

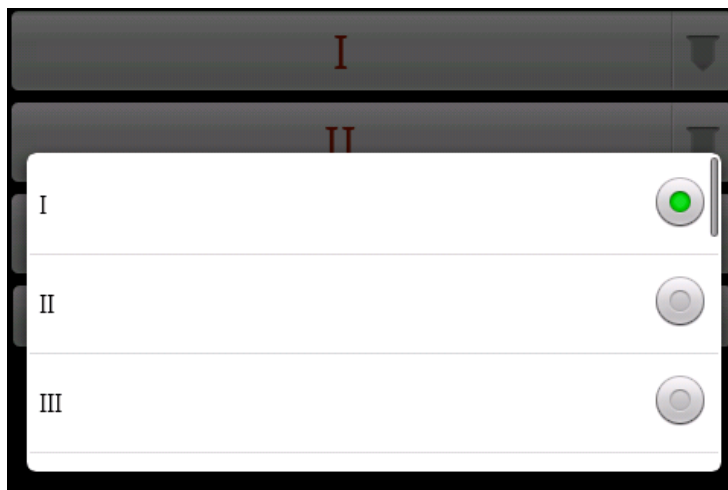


Figura 6.12: Menu de escolha de derivações com as curvas para selecção

Após a respectiva escolha nos “spinners” apropriados, basta seleccionar o botão “OK” para a aplicação voltar à vista principal com a representação dos gráficos optados pelo utilizador. Ou, por outro lado, seleccionar o botão “CANCEL”, para que essa alteração fique sem efeito.

Através deste recurso, a aplicação possibilita que o cardiologista possua todo o poder na escolha e disposição das derivações. A aplicação, de uma sessão para outra, efectua o registo da última disposição escolhida pelo utilizador. Este registo, permite uma abertura de sessão composta com as curvas e as suas localizações efectuadas pelo cardiologista na sessão anterior.

6.3.3 Ampliação das derivações

O visualizador possui uma ferramenta que permite a ampliação das derivações. Possibilita ao médico cardiologista uma análise mais detalhada da derivação, para o caso de dúvidas existentes numa determinada curva.

No ambiente principal do visualizador encontra-se disponível uma lupa no final de cada derivação que nos permite ampliar o sinal. Após selecção, a aplicação utiliza todo o ecrã, onde anteriormente estavam desenhadas três derivações, para desenhar a curva pretendida. A figura 6.13 mostra a derivação II ampliada, após selecção no ambiente principal.

Como nos mostra a figura 6.13, optou-se por manter a grelha electrocardiográfica sem lhe aplicar uma ampliação, ficando assim igual à que se possuía no ambiente principal do visualizador. Neste ambiente, possui-se todas as funcionalidades descritas anteriormente sobre

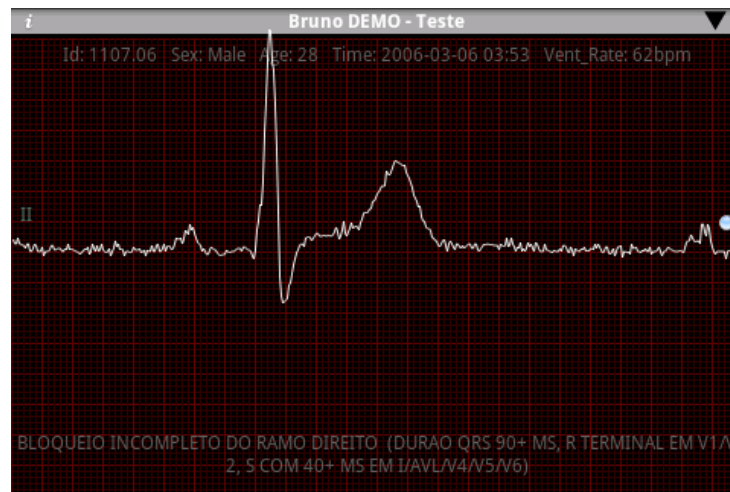


Figura 6.13: Derivação II ampliada

o deslocamento dos sinais através da utilização do *touchscreen*, permitindo assim também aqui a visualização de todo o sinal escolhido.

Após análise do sinal ampliado, e caso o médico cardiologista queira regressar ao ambiente principal da aplicação, este terá que seleccionar novamente a lupa que se encontra no final da derivação, do lado direito do ecrã.

6.3.4 Barra vertical de leitura de valores

Achou-se importante mostrar, para cada posição, o valor numérico da amplitude de cada uma das derivações (figura 6.14).

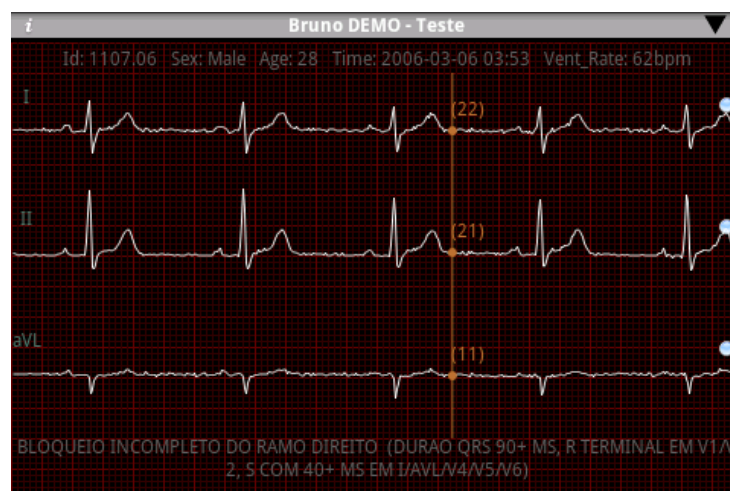


Figura 6.14: Ambiente normal de visualização utilizando a barra vertical

Seria fundamental que o sistema permitisse tal funcionalidade sem exibir demasiada informação, que tornasse algo pesada a visualização dos sinais, fomentando uma difícil interpretação desses mesmos sinais para o cardiologista.

Como já referido anteriormente, uma das ferramentas mais utilizada para o eficiente funcionamento desta aplicação é o *touchscreen*. Como tal, foi criada uma funcionalidade, para leitura dos valores da amplitude das derivações, tendo como base a utilização desse mesmo recurso.

A solução implementada nesta aplicação, está centrada na leitura das coordenadas, da posição onde está o dedo pousado no ecrã. O programa ao aceder a essa posição efectua o desenho de uma recta vertical que atravessa perpendicularmente as curvas das derivações presentes no *display*. Este determina os valores numéricos das curvas, naquela dada posição, e efectua a sua representação visual perto da respectiva derivação, como nos retrata o desenho da figura 6.14.

A sua utilização está acessível a partir de um botão que se encontra localizado no canto superior direito do visualizador. Como partilha algumas das características também utilizadas para o deslocamento dos sinais, esta funcionalidade é desactivada quando está em utilização o deslocamento da barra vertical. Para retomar à possibilidade de deslocamento das derivações basta seleccionar de novo o mesmo botão que nos trouxe a esta funcionalidade.

Esta ferramenta está também implementada no ambiente de ampliação de sinais, como nos mostra a figura 6.15.

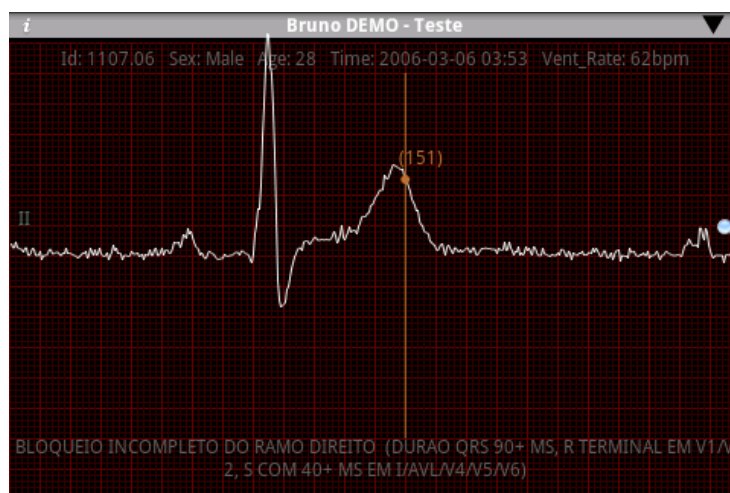


Figura 6.15: Ambiente de ampliação utilizando a barra vertical

6.4 Visualizador, características gerais

A plataforma de visualização de ECG teve como objectivo principal assegurar a facilidade de utilização, através de um visualizador intuitivo com ferramentas práticas e de fácil utilização. A figura 6.16 retrata toda a plataforma de visualização, mostrando todos os passos necessários e opções/ferramentas incorporadas para uma melhor análise e diagnóstico do sinal card cio de um paciente.

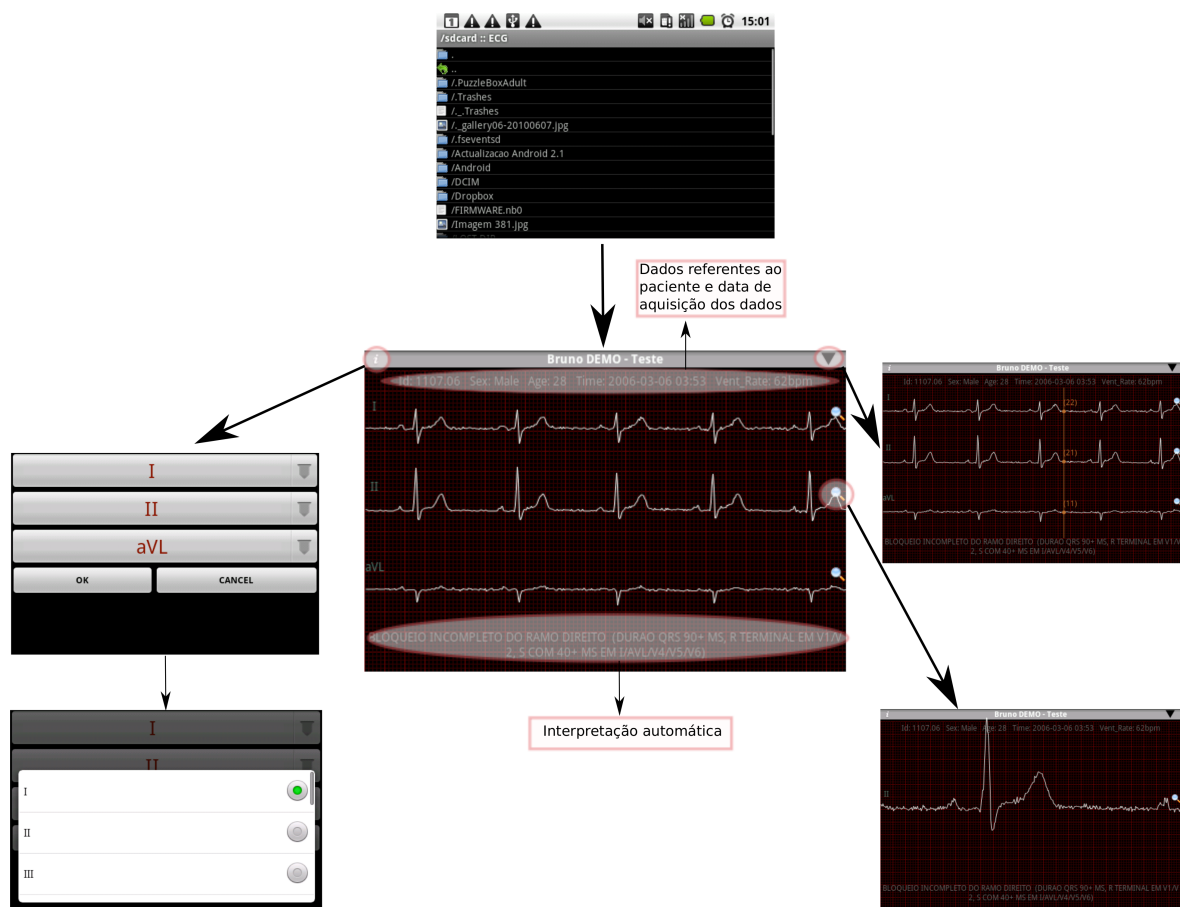


Figura 6.16: Plataforma de visualização ECG

Para se abrir um ficheiro XML enviado pela instituição médica para o email do cardiologista, a aplicação fornece um explorador de ficheiros para seleccionar a fonte de dados. Após selecção, o visualizador encarrega-se de efectuar o *parsing* dos dados e sua descodificação. Findo este processo, a aplicação utiliza os dados obtidos efectuando uma representação gráfica das derivações, representado na figura 6.16.

A janela principal, que está colocada ao centro da figura, permite uma visualização de 3 sinais simultaneamente, seleccionados de 12 possíveis. Estes podem ser trocados e dispostos

consoante a vontade do cardiologista, seleccionando o botão para o efeito. A selecção das derivações está representada nas duas janelas que aparecem mais à esquerda da figura. No ambiente principal estão representados também as informações clínico-administrativas retiradas, por meio de *parsing* do exame escolhido. São estas o nome do paciente, o ID associado, sexo, idade, data de aquisição do exame e informação mais técnica, tal como o batimento cardíaco, duração QRS, etc. Informação importante para o cardiologista poder efectuar o diagnóstico.

De destacar é a grelha representada como *background* na representação gráfica das derivações. Esta grelha apresenta-se semelhante ao papel milimétrico, normalmente utilizada nos electrocardiogramas em formato papel. Como tal, a cada 5 linhas verticais e horizontais é colocada uma linha de espessura maior, para uma percepção mais facilitada da escala. A escala por defeito, quando é realizado o gráfico dos sinais, é aquela mais utilizada pelos médicos cardiologistas, ou seja, 10mm/mv no eixo dos YY e 25mm/s no eixo dos XX. Esta é a escala adoptada no ambiente principal do visualizador.

O sinal que é representado, sofre também um processamento que o suaviza. Os sinais de teste utilizados ficam bastante “limpos”, sem grande ruído presente.

A aplicação está dotada com uma ferramenta de ampliação, dando a possibilidade ao cardiologista de vislumbrar com mais detalhe qualquer um dos sinais pretendidos, como nos mostra a janela situada no canto inferior direito da figura.

No ambiente principal e no ambiente de ampliação dum sinal, encontra-se disponível uma ferramenta para leitura de valores numéricos da/das derivações/derivação. Para tal, estes são representados ao lado duma recta vertical que indica a posição da leitura desses valores numéricos.

Capítulo 7

Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo pretende-se dar ênfase a todo o trabalho realizado e cumprimento de requisitos através de uma pequena conclusão. Pretende-se, por outro lado, referir algumas possibilidades de melhoramento futuro do mesmo.

7.1 Conclusões

Este trabalho apresenta o estudo realizado sobre electrocardiografia digital e posterior utilização de tecnologias de informação ao serviço da saúde. Com o avanço tecnológico dos dispositivos móveis e a sua crescente proliferação graças ao seu baixo custo, estes apresentam um grande potencial de utilização na telemedicina. Uma solução, como o visualizador de electrocardiogramas aqui apresentado, permite-nos uma rápida comunicação entre instituições de saúde e médicos cardiologistas, aspecto de elevada importância em cenários de emergência médica. Este visualizador pode também potenciar uma melhoria da qualidade de vida em áreas geograficamente isoladas, sub-desenvolvidas, sem acesso físico a um médico cardiologista para leitura de sinais vitais ECG. Como tal, pode possibilitar a uma maior rapidez do processo clínico desde a aquisição dos exames até ao diagnóstico.

A ferramenta construída funciona em todos os dispositivos que tenham o sistema operativo Android. Foi escolhido esta tecnologia (Android), devido à tendência de crescimento de mercado que se tem verificado, como também por ser uma plataforma aberta capaz de correr em dispositivos móveis de diferentes fabricantes.

Para o desenvolvimento do visualizador de electrocardiogramas, vários foram os aspectos fundamentais tidos em conta. O que pareceu mais importante foi encontrar soluções no tratamento e suavização das curvas sem perder fluidez na aplicação, tendo em conta a capacidade de processamento deste tipo de dispositivos. Outro, foi sem dúvida tirar partido de certas características dos dispositivos móveis, tal como o *touchscreen*, para possível visualização amigável

do sinal.

O conceito de uma boa e intuitiva interface humano-computador apresentava-se no início do projecto como o requisito mais complicado devido à dimensão do ecrã que equipa este tipo de aparelhos. Só através de várias funcionalidades e experimentações foi possível obter a solução actual.

O objectivo deste projecto estava focalizado na construção de um visualizador, dotado de várias ferramentas de análise e suporte à decisão, que permitissem uma correcta interpretação de exames ECG por parte do médico cardiologista. Finalmente, a aplicação desenvolvida foi sujeita a vários testes de fiabilidade e robustez.

7.2 Trabalho futuro

Como seria de esperar, todas as aplicações deste tipo, possuem uma grande margem para melhoramentos. Alguns dos quais, deve-se ao progressivo aumento de capacidades dos dispositivos físicos, tanto ao nível de processamento como ao nível de sistema operativo.

Para um melhor uso desta aplicação, futuramente deveria ser integrada com uma central de Tele-ECG, com a consequente implementação de toda a arquitectura inerente ao processo de inter-comunicação.

Apesar dos resultados obtidos com o visualizador, foram identificados alguns pontos de melhoria. A aplicação apenas suporta formatos de ficheiros XML do fabricante Mortara. Para uma melhor interoperabilidade e generalização desta aplicação deveriam ser contemplados outros formatos, pelo menos os normalizados ou mais utilizados.

Os sinais representados a partir do visualizador estão bastante limpos, sem grande ruído aparente. Apesar disso, para uma perfeita visualização dos sinais, poderão futuramente também serem implementados filtros para retirar um eventual ruído associado a artefactos respiratórios ou de movimento que possa existir.

Bibliografia

- [1] KM Zundel. Telemedicine: history, applications, and impact on librarianship. *Bull Med Libr Assoc*, 84(1):71–9, Jan 1996.
- [2] Allen A Perednia DA. Telemedicine technology and clinical applications. *JAMA*, 273(6):483–8, Feb 8 1995.
- [3] Paul J. Hu, Patrick Y. K. Chau, Olivia R. Liu Sheng, and Kar Yan Tam. Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *J. Manage. Inf. Syst.*, 16(2):91–112, 1999.
- [4] T Moukabary. Willem einthoven (1860–1927): Father of electrocardiography. *Cardiology Journal*, 14(3):316–317, 2007.
- [5] Olga Ferrer-Roca. Handbook of telemedicine, 1998.
- [6] A. C. Norris. *Essentials of Telemedicine and Telecare*. 2002.
- [7] Carlos Eduardo Marques Maia. Central de tele-ecg baseada em web. Master’s thesis, Universidade de Aveiro, 2008.
- [8] AH Eliasson and RK Poropatich. Performance improvement in telemedicine: the essential elements. *Mil Med*, 163:530–536, 1998.
- [9] A. Marsh, L. Grandinetti, and T. Kauranne, editors. *Advanced infrastructures for future healthcare*. IOS Press, 2000.
- [10] Sarwat I. Chaudhry, Christopher O. Phillips, Simon S. Stewart, Barbara Riegel, Jennifer A. Mattera, Anthony F. Jerant, and Harlan M. Krumholz. Telemonitoring for patients with chronic heart failure: A systematic review. *Journal of Cardiac Failure*, 13(1):56 – 62, 2007.
- [11] J. Rosen and B. Hannaford. Doc at a distance. *Spectrum, IEEE*, 43(10):34 –39, 2006.

- [12] *Adotada pela 51ª Assembléia Geral da Associação Médica Mundial em Tel Aviv, Israel*, Outubro 1999.
- [13] Genival Veloso França. Telemedicina: breves considerações ético-legais. *REDI Revista Electrónica de Derecho Informático*, (39), Outubro 2001.
- [14] Guanling Chen and David Kotz. A survey of context-aware mobile computing research. Technical report, Dartmouth College, 2000.
- [15] J Schneidawind. Big blue unveiling. *USA Today*, page 2B, 23 Novembro 1992.
- [16] Gartner. Gartner says worldwide mobile device sales grew 13.8 percent in second quarter of 2010, but competition drove prices down. *Press release*, 12 de Agosto 2010.
- [17] B. Elgin. Google buys android for its mobile arsenal. *BusinessWeek*, 17 de Agosto 2005.
- [18] E. Auchard. Google says mobile usage has surged this summer. *Reuters*, 2007.
- [19] Sharon P. Hall and Eric Anderson. Operating systems for mobile computing. *J. Comput. Small Coll.*, 25(2):64–71, 2009.
- [20] Sharon P. Hall and Eric Anderson. Operating systems for mobile computing. Technical report, University of Houston, 2009.
- [21] Chr. Zywiets. A brief history of electrocardiography - progress through technology. Technical report, Biosigna Institute for Biosignal Processing and Systems Research, Hannover, Germany, 2003.
- [22] George E. Burch and Nicholas P. DePasquale. *A history of electrocardiography*. Norman Pub., San Francisco, 1990.
- [23] Inc. Ovid Technologies. *ECG interpretation*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2008.
- [24] Terry R. Des Jardins. *Cardiopulmonary anatomy & physiology essentials for respiratory care*, 2002.
- [25] Joseph T. Catalano. *Guide to ECG analysis*. Lippincott, Philadelphia [u.a.], 2002.
- [26] Lippincott Williams & Wilkins. and Inc. Ovid Technologies. *Ecg interpretation : a 2-in-1 reference for nurses.*, 2005///.
- [27] Lippincott Williams & Wilkins. *ECG interpretation made incredibly easy!*. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2008.

- [28] Galen S. Wagner and Henry Marriott. *Marriott's practical electrocardiography*. Wolters Kluwer : Williams & Wilkins, Philadelphia; Baltimore, 2008.
- [29] V. Plotnikov, D. Prilutskii, and S. Selishchev. The scp-ecg standard in electrocardiographic software systems. *Biomedical Engineering*, 33:128–135, 1999. 10.1007/BF02386160.
- [30] P. Lees, C. Chronaki, and F. Chiarugi. Standards and interoperability in digital electrocardiography. the openecg project. *Hellenic Journal of Cardiology*, (45):364–369, 2004.
- [31] F. Chiarugi, P.J. Lees, C.E. Chronaki, M. Tsiknakis, and S.C. Orphanoudakis. Developing manufacturer-independent components for ecg viewing and for data exchange with ecg devices: can the scp-ecg standard help? In *Computers in Cardiology 2001*, 2001.
- [32] J. D. Trigo, F. Chiarugi, A. Alesanco, M. Martí andnez Espronceda, L. Serrano, C. E. Chronaki, J. Escayola, I. Martí andnez, and J. Garcí anda. Interoperability in digital electrocardiography: Harmonization of iso/ieee x73-phd and scp-ecg. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 14(6):1303 –1317, 2010.
- [33] B. Brown and F. Badilini. *HL7 aECG Implementation Guide*, 21 de Março.
- [34] F. Badilini and L. Isola. Freeware ecg viewer for the xml fda format. 2004.
- [35] Raymond Bond. The storage, processing, visualization and interaction with the body surface potential map. Technical report, University of Ulster, Junho 2009.